

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra informatiky

# **Analýza změn v pohybovém aparátu u pacientů před a po ortopedické operaci**

## **Analysis of changes in movement of patients before and after orthopedic surgery**





## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Krupčík**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612T025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Analýza změn v pohybovém aparátu u pacientů před a po ortopedické operaci**  
**Analysis of Changes in Movement of Patients before and after Orthopedic Surgery**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je návrh programu, který z videozáznamů chůze člověka umožní zjištění změn pohybového aparátu u pacientů před a po ortopedické operaci (kolenního nebo kyčelního kloubu).

1. Seznamte se s problematikou týkající se ortopedie a s ortopedickými operacemi dolních končetin.
2. Analyzujte videozáznamy chůze pacienta před ortopedickou operací a po ortopedické operaci a nalezněte změny v jeho pohybovém aparátu.
3. Seznamte se s dostupnými softwarovými prostředky, které následně využijete při návrhu a realizaci programu.
4. Navrhněte program pro analýzu chůze a zjištění změn v pohybovém aparátu při chůzi způsobené ortopedickou operací. K zjištění změn v pohybovém aparátu navrhněte více postupů a vyberte nejvhodnější metody pro analýzu změn. Výsledky analýzy vizuálně prezentujte.
5. Implementujte navržený program v prostředí MS Windows.
6. Proveďte zhodnocení dosažených výsledků.
7. Vypracujte uživatelskou a programátorskou dokumentaci.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SOSNA, Antonín. Základy ortopedie. 1. vyd. Praha: TRITON, 2001, 175 s. ISBN 80-725-4202-8.
- [2] SOJKA, Eduard. Digitální zpracování a analýza obrazů. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2000, 133 s. ISBN 80-7078-746-5
- [3] SINHA, Aniruddha, Kingshuk CHAKRAVARTY a Brojeshwar BHOWMICK. Person Identification using Skeleton Information from Kinect [online]. : 8 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: [http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=achi\\_2013\\_4\\_50\\_20187](http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=achi_2013_4_50_20187)
- [4] PREIS, Johannes, Moritz KESSEL, Martin WERNER a Claudia LINNHOF-POPIEN. Gait Recognition with Kinect [online]. : 4 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: [http://www.researchgate.net/publication/239862819\\_Gait\\_Recognition\\_with\\_Kinect](http://www.researchgate.net/publication/239862819_Gait_Recognition_with_Kinect)
- [5] KUMAR, Naresh a R. Venkatesh BABU. Human Gait Recognition Using Depth Camera: A Covariance Based Approach [online]. : 6 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: [http://www.serc.iisc.ernet.in/~venky/Papers/Kinect\\_gait.pdf](http://www.serc.iisc.ernet.in/~venky/Papers/Kinect_gait.pdf)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Lačezar Ličev, CSc., prof.h.c.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 28.04.2017



---

doc. Dr. Ing. Eduard Sojka  
vedoucí katedry



---

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Také prohlašuji, že získané data jsem uveřejnil ze souhlasem zapojených osob.

V Ostravě 2017

.....



Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 2017

.....



Rád bych poděkoval svému vedoucím diplomové práce, kterým je pan prof. Ing. Ličev Lačezar, CSc., prof.h.c. za jeho cenné rady a připomínky.

Mé poděkování také náleží panu doktoru MUDr. Martinu Kozákovi, ortopedickému oddělení v Karvinské hornické nemocnici a také zúčastněným pacientům za umožnění této studie a spolupráci.

Dále bych rád poděkoval mým rodičům za podporu, umožnění studia na vysoké škole a v neposlední řadě chci poděkovat sám sobě, že jsem na škole vydržel a nevzdal to.





## **Abstrakt**

Práce pojednává o studii věnující se analýzou chůze pacientů, kteří postoupili chirurgický zákrok – přesněji, byla jim vyměněna kyčel, či koleno.

Snažím se v této práci nalézt prokazatelné změny, zapříčiněné anatomickým zásahem do pohybového aparátu. Změny jsou dvojího typu, hmatatelné (výsledkem jsou nějaká data) a nehmatatelné (zasvěcený člověk do tajů ortopedie vidí, co a jak se změnilo).

Výsledkem této práce mohou být podklady pro navržení individuální rehabilitace pacienta.

**Klíčová slova:** Kinect, Ortopedie, Operace, Kyčel, Koleno, C#

## **Abstract**

Thesis deals with the study dedicated to analyzing the walk of patients after orthopedic surgery - knee or hip joint replacement.

I am trying to find and prove demonstrable changes caused by anatomical intervention in the musculoskeletal system. There are two types of changes - a tangible change (resulting in some data) and an intangible change (doctor can see what/how it has changed).

The result of this work may be the basis for fine-tuning of physiotherapy plans.

**Key Words:** Kinect, Orthopedic, Surgery, Knee, Hip, C#



# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů</b>	<b>15</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>17</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>19</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>21</b>
<b>2 Teoretická část – Ortopedie</b>	<b>23</b>
2.1 Úvod do ortopedie . . . . .	23
2.2 Kyčelní klouby . . . . .	23
2.3 Kolenní kloub . . . . .	27
2.4 Rehabilitace . . . . .	29
2.5 Průzkum prací věnující se tématice analýzy chůze, či využití Kinectu za posledních 5. let v rámci České republiky [13] . . . . .	31
2.6 2.6 Průzkum prací věnující se tématice analýzy chůze, s využitím Kinectu za posledních 5. let v rámci světa . . . . .	32
<b>3 Teoretická část - Zpracování obrazu</b>	<b>35</b>
3.1 Základní pojmy . . . . .	35
3.2 Použité technologiemi . . . . .	37
3.3 Snímání pohybu . . . . .	38
3.4 Kinect v2 . . . . .	41
3.5 Vizualizace . . . . .	46
<b>4 Praktická část – Příprava</b>	<b>47</b>
4.1 Správa pacientů . . . . .	47
4.2 Sběr materiálu pro analýzu . . . . .	47
4.3 Natáčení . . . . .	50
4.4 Zpracování natočeného materiálu . . . . .	52
4.5 Vizualizace v UNITY5 . . . . .	52
<b>5 Praktická část – Návrh metod a analýza</b>	<b>53</b>
5.1 Knihovny třetích stran . . . . .	53
5.2 Návrh metod analýzy . . . . .	53
<b>6 Praktická část – Program a zpracování databáze</b>	<b>57</b>
6.1 Vývoj programu . . . . .	57
6.2 Správa databáze . . . . .	57

6.3	Architektura aplikace . . . . .	57
6.4	Grafické rozhraní . . . . .	58
6.5	Moduly . . . . .	58
6.6	Generování protokolů . . . . .	68
<b>7</b>	<b>Praktická část – Výsledky dosažených experimentů a závěr</b>	<b>69</b>
7.1	Výsledky dosažených experimentů . . . . .	69
7.2	Závěr . . . . .	72
	<b>Literatura</b>	<b>75</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>76</b>
<b>A</b>	<b>Přílohy</b>	<b>77</b>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

XML	– eXtensible Markup Language
WPF	– Windows Presentation Foundation
FFT	– Rychlá Fourierova transformace
FT	– Fourierova transformace
FA	– Fourierova analýza
DFT	– Diskrétní Fourierova analýza
GUI	– Graphical Unit Interface



## Seznam obrázků

1	Výměna kyčelního kloubu . . . . .	23
2	Totální endoprotéza kyčle - Cementovaná náhrada . . . . .	25
3	Totální náhrada kyčelního kloubu necementovaná typ Zimmer CLS . . . . .	26
4	Hybridní endoprotéza (Necementovaná jamka, cementovaná stehenní komponenta	26
5	Nahrazení poškozené třecí plochy . . . . .	27
6	Miniinvazivní chirurgie . . . . .	27
7	Výměna kolenního kloubu . . . . .	28
8	Koleno - Typy náhrad . . . . .	29
9	Interaktivní prostředí [15] . . . . .	38
10	VR armáda . . . . .	39
11	VR medicína . . . . .	39
12	Mechanické snímání . . . . .	40
13	Magnetické snímání - Kraniokorpografický systém. Uprostřed je senzor směřující na pacientku. Vpravo výpočetní jednotka . . . . .	40
14	Optické snímání . . . . .	41
15	Kinect - snímání pohybu a to až šesti lidí současně . . . . .	42
16	Kinect - pohled dovnitř . . . . .	43
17	Dvacet bodů rozpoznatelných Kinectem . . . . .	44
18	Pohled na reálný snímek z Kinectu . . . . .	44
19	SDK pro práci s Kinectem . . . . .	45
20	Nahrávání záznamu z Kinectu . . . . .	46
21	Logo UNITY5 . . . . .	46
22	Struktury ukládání souboru . . . . .	47
23	Seznam pacientů . . . . .	48
24	Rok narození pacientů . . . . .	49
25	Podíl pacientů a pacientek . . . . .	49
26	Operační zákrok . . . . .	50
27	Pohled na chodbu při vstupu na oddělení . . . . .	51
28	Pohled na “pracoviště” . . . . .	51
29	Body zájmu . . . . .	53
30	Minimální a maximální úhel – koleno . . . . .	54
31	Hlavní modul . . . . .	58
32	Vedlejší moduly . . . . .	58
33	Hlavní menu . . . . .	59
34	Hlavní menu - nový pacient . . . . .	59
35	Hlavní menu - editace . . . . .	59
36	Hlavní menu - správa chůzí . . . . .	60

37	FA vše . . . . .	61
38	FA 1-2 . . . . .	61
39	FA 1-3 . . . . .	61
40	FA 2-3 . . . . .	62
41	FA 1-2-3 . . . . .	62
42	Kinect Player . . . . .	63
43	Analýzer - volba chůze . . . . .	63
44	Analýzer . . . . .	64
45	Metoda minmax . . . . .	65
46	Všechny chůze . . . . .	66
47	Přiblížení . . . . .	66
48	Přiblížení - detail . . . . .	67
49	UNITY5 . . . . .	67
50	UNITY5 - detail . . . . .	67
51	Kinect Record . . . . .	68
52	Analýza minimálních a maximálních úhlů . . . . .	69
53	Analýza úhlů . . . . .	70
54	Analýza úhlů - detail . . . . .	71
55	Analýza úhlů - přiblížení . . . . .	71
56	Analýza - FA . . . . .	72
57	Analýza FA 1-2 . . . . .	72
58	Analýza FA 1-3 . . . . .	73
59	Analýza FA 2-3 . . . . .	73
60	Analýza FA 1-2-3 . . . . .	74



## Seznam tabulek

1	Rozdíly mezi generacemi senzoru . . . . .	43
---	---	----



# 1 Úvod

Při dopsání své bakalářské práce zabývající se identifikací lidí podle stylu jejich chůze se mě vedoucí bakalářské práce zeptal, zda bych získané vědomosti z této oblasti nechtěl využít při psaní diplomové práce, neboli pokračovat ve vývoji. Neváhal jsem a hned jsme vymýšleli, kde by se daly získané zkušenosti uplatnit. S vedoucím jsme se domluvili, že vyzkoušíme poznatky aplikovat v prostředí rehabilitací a to proto, že má kontakty v lékařských institucích a já, díky rodině, která pracuje v nemocnici, také.

Původní myšlenka byla zaměřena na využití poznatků u rehabilitačních technik dětí v Klimkovické dětské léčebně, kde se sice započalo s natáčením a zapojením asi 6 dětí do studie, ale bohužel spolupracující lékařka přešla na jiné pracoviště a tak byla spolupráce ukončena. Tedy tedy cesta nevedla...

Využil jsem tedy kontaktů v Karvinské hornické nemocnici a pomocí rodinného příslušníka jsem začal spolupracovat s MUDr. Martinem Kozákem, místním ortopedem. Po představení svojí vize a zhlédnutí mé bakalářské práce jsme vymysleli možné využití získaných poznatků z bakalářské práce.

Zaměřili jsme se na pacienty, které čeká výměna levého, či pravého kolenního kloubu a levého nebo pravého kyčelního kloubu, tzv. totální endoprotéza. Budeme u nich sledovat, jak se jejich chůze bude měnit po výměně kloubu v čase. Docházel jsem tedy do nemocnice a zaznamenával jsem chůzi pacientů, více se tomuto tématu budu věnovat dále v této práci.

V následujících kapitolách se budu věnovat jak teoretické části, která je pro toto odvětví velice rozsáhlá - provedl jsem stručnější přehled, díky kterému lze zjistit potřebné informace pro analýzu a následné závěry, tak praktické části, ve které popisují veškeré postupy ale také slepé uličky a různé peripetie, které se vyskytly během psaní této studie.

Začneme tedy tou teoretickou částí...



## 2 Teoretická část – Ortopedie

Ortopedie [1] [19] je složenina z řeckých slov *orthos* (přímý), *paideuein* (vychovávat) *apaidion* (dítě) a jedná se o samostatný lékařský obor zabývající se prevencí, léčbou vrozených, získaných vad, léčbou úrazů a jejich následků podpůrného a pohybového aparátu člověka.

Vyčlenila se z obecné chirurgie. V České republice je uznávána jako samostatný obor od roku 1971.

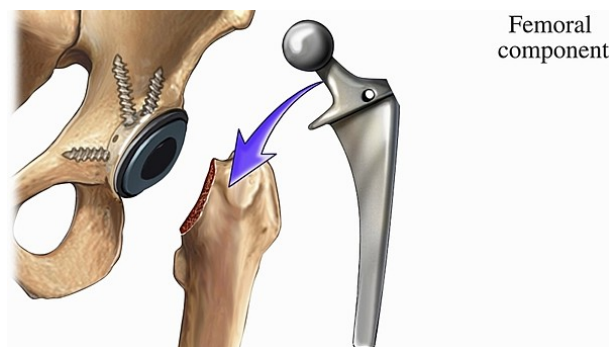
### 2.1 Úvod do ortopedie

Obsáhlost ortopedie je tak rozsáhlá, že se v této diplomové práci budu věnovat jen těm částem, které souvisí s kolenními a kyčelními klouby, ať už se bude jednat o operativní zákroky, výměny kloubů nebo následnou rehabilitační péči. Budu se snažit popsat a vysvětlit souvislosti, díky kterým pak budu dělat závěry nad získanými daty.

### 2.2 Kyčelní klouby

Výměna kyčelního kloubu se nazývá totální endoprotéza kyčelního kloubu a jedná se o operaci, nebo-li aloplastiku [1], při které je původní kyčelní kloub nahrazen celý, či jeho část cizím materiálem.

Cílem totální endoprotézy kyčelního kloubu je obnovení anatomické osy dolní končetiny, zajistí se tak stabilita kloubu, dojde ke zlepšení funkce končetiny a především zmírní, či zcela odstranit bolest při chůzi, nebo jiné aktivitě. Výměna kyčelního kloubu je jedna z nejčastějších operací, která je u nás prováděna. První takovéto operace lze datovat do 60.let 20.století.



Obrázek 1: Výměna kyčelního kloubu

#### 2.2.1 Vývoj aloplastiky kyčelního kloubu

Zakladatelem aloplastiky kyčelního kloubu je Angličan John Charnley. Navrhnul a následně vyrobil a také jako první v roce 1960 použil polyetylénovou jamku a kovový dřík uchycený do dřevnaté dutiny stehenní kosti s hlavicí malé velikosti. Komponenty připevňoval ke skeletu kostním cementem.

Princip „nízkého tření“, tzn. konkávní polyetylenové komponenty kombinované s konvexní kovovou plochou, se pak uplatnili i v konstrukcích jiných endoprotézních kloubů a stal se tak univerzálním a dosud používaným umělým kloubem.

První protézy, které se u nás implantovaly, byly dovážené Müllerovy protézy. V roce 1973 začala vyrábět Poldi Kladno tuzemské protézy zkonstruované na základě zkušeností s implantáty Müllera a označovaná jako Poldi-Čech. Tato endoprotéza prodělala vývoj a stále ten vývoj probíhá. Nyní se používá její pátá generace.

### 2.2.2 Operace

Operace [1] je prováděná v anestezii (znecitlivění, ztráta vnímání bolesti, dotyků, tepelných podnětů). Dle nemocnice a přání pacienta [7] může být celková, popř. lokální - epidurální (Jedná se o druh svodné anestezie, znecitlivující látka se podává do páteřního kanálu, mezi obratle a vak z tvrdé pleny mozkové. Dojde k anestezii části těla, pacient je při vědomí, ale bolest necítí. Můžou mu být podána hypnotika - léky navozující spánek.

Při rozhovoru s pacienty, kteří postoupili tuto operaci jsem zjistil, že popisují operaci jako práci v *truhlářské dílně*, nebo-li pily, dláta, kladívka, brusky, ...

Velice důležitá je příprava [7] na operaci. Tuto přípravu dělíme:

- Medicínskou přípravu
- Rehabilitační přípravu
- Domácí přípravu

#### Medicínská příprava

Zahrnuje tzv. autotransfuzi, kde je pacientům odebrána vlastní krev, která je poté využita při samotné operaci. Krev se pacientům odebírá dvakrát, poprvé čtrnáct dní před operací a po druhé týden před zákrokem. Při operaci je pacientům podána jejich vlastní krev, tím se minimalizuje riziko přenosu některých nemocí a současně se zajistí maximální kompatibilita krve.

#### Rehabilitační příprava

Bolesti při chůzi, či jiné aktivitě způsobují, že svaly se přizpůsobují omezenému pohybu a tím dochází k jejich zkracování. Je tedy nutné dodržet:

- Protahování zkrácených svalů (svaly vnitřní a přední strany stehna)
- Posilovat ochablé svaly (svaly břišní, hýžděvé, svaly zevní strany stehna)
- Zvyšovat pohyblivost kloubu
- Redukovat hmotnost – platí pro pacienty s nadváhou
- Trénink pohybů, které jsou nezbytné pro pooperační péči (stoj, chůze, přetáčení na bok)
- Zvyšování fyzické aktivity

## Domácí příprava

Připravení domácího prostředí, nácvik chůze o berlích, zajištění případné pomoci

### 2.2.3 Typy kyčelních náhrad

- Cementová náhrada
  - Cementová náhrada je používána od 60. let minulého století.
  - Kloubní hlavice jsou vyráběny v různých velikostech a z různých materiálů. Jedná se o tzv. nedráždivé kovy (titan, slitiny kobaltu a chrom), který se kombinuje s keramickými materiály, či s polyetylémem (vysokomolekulární polymer).
  - Kloubní jamka kyčelního kloubu je speciálně upravena pomocí polyetylenové vložky (plast). Vložka je do původní kloubní jamky upevněná pomocí cementu – polymetylakrylátu. Hlavice je ukotvena pomocí dřívku, který je vyroben z ušlechtilé slitiny a zacementována v horní části kosti stehenní.
  - Nevýhody:  
nevhodné pro mladší pacienty, životnost tohoto řešení je pouze 10 až 15 let.
  - Výhody:  
je již dlouho používáný, a tedy i „odladěný“.



Obrázek 2: Totální endoprotéza kyčle - Cementovaná náhrada

- Necementová náhrada
  - Patří k modernějším metodám, první použití v 80. letech 20. století.
  - Kloubní hlavice je fixována bez použití cementu. Kost prorůstá do implantátu.
  - Nevýhody:  
musí se pečlivě opracovat kost a zajistit tak přesný kontakt kosti s implantátem
  - Výhody:  
dlouhodobá životnost, vhodné pro mladší a aktivní pacienty



Obrázek 3: Totální náhrada kyčelního kloubu necementovaná typ Zimmer CLS

- Hybridní náhrada
  - kombinace obou typů fixace dřívků do kostí.



Obrázek 4: Hybridní endoprotéza (Necementovaná jamka, cementovaná stehenní komponenta)

- Resurfacing
  - Povrchová náhrada kyčle - nahrazení poškozené třecí plochy. Kloubní hlavice je obroušena a je na ni upevněn mimořádně odolný kov.
  - Nevýhody:
    - stehenní kost musí být zachovalá (aktivní věk pacienta)
  - Výhody:
    - rychlé zotavení, nenáročnost, plná pohyblivost, nízká bolestivost





Obrázek 5: Nahrazení poškozené třecí plochy

#### 2.2.4 Nejnovější trendy

S nastávajícím věkem nových technologií je prvořadým cílem všech zákroků minimální poškození tkání, tzv. miniinvasivní chirurgie.



Obrázek 6: Miniinvasivní chirurgie

#### Miniinvasivní chirurgie

jedná se o malou operační ránu s minimem nežádoucích účinků [14] a poskytnutí co nejvyššího komfortu pacientovi. Pro operátora je tento přístup značně náročný.

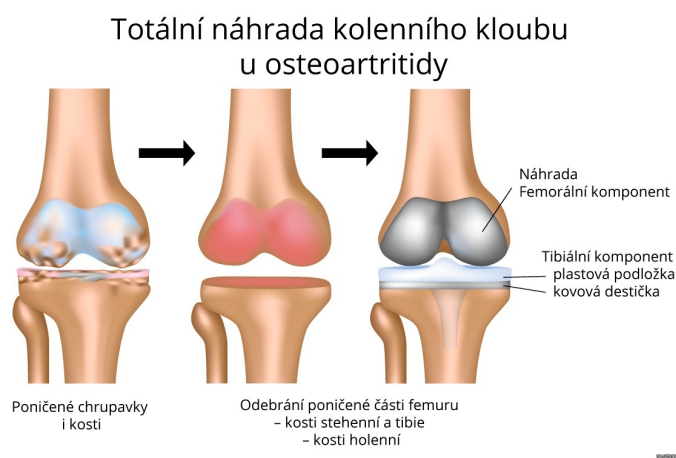
Naštěstí s rozvojem techniky a virtuálního prostředí se zdokonaluje i miniinvasivní chirurgie, kdy už není potřeba, aby byl chirurg přítomen na sále. Může být např. na opačném konci světa a stále může operovat. Spojení mezi ním a operačním nástrojem (robotem) lze navázat přes internet. Bohužel, musí se jednat o velmi zabezpečené a stabilní spojení.

### 2.3 Kolenní kloub

Výměna kolenního kloubu se nazývá totální endoprotézou [1] kolenního kloubu, zvanou též artroplastika, či aloplastika. Je to zákrok, při kterém se nahrazuje celý kolenní kloub, či jeho část cizím materiálem. Po provedení totální endoprotézy kolenního kloubu je obnovena anatomická osa dolní končetiny, zajištěna stabilita kloubu, zlepši se funkce končetiny a především zmírní, nebo i zcela odstraní bolesti při chůzi, či jiné aktivitě.

I v tomto případě se jedná o jednu z nejčastějších a nejefektivnějších operací, která je u nás prováděna. Poprvé se do praxe uvedla v 80. letech minulého století, po úspěšném rozvoji totálních

endoprotéz kyčelního kloubu. Pacienti trpící bolestí při chůzi, či jiné aktivitě po operaci většinou pociťují výraznou úlevu a navrací se zpět do aktivního života.



### 2.3.1 Vývoj

Totální endoprotéza kolenního kloubu procházela dlouholetým vývojem [1], principiálně založeným na kyčelních endoprotézách. První endoprotéza byla zkonstruována jako závěsová endoprotéza, která nerespektovala fyziologický pohyb v kolenní, a proto se brzy uvolňovala. Vyráběly se také endoprotézy nahrazující jen části kloubu, např. unikompartmentální endoprotéza nahrazující mediální, nebo laterální část kolenního kloubu. V USA byly vyvinuty mobilní implantáty, které snižovaly stresové síly působící na implantát v místě kontaktu s kostí a tím zaručovaly delší životnost endoprotézy.

Dnešní endoprotézy jsou založeny na stavebnicovém systému; používají se kovové femorální komponenty a tibiální polyetylenové vložky zasazené do kovové kotvicí tibiální části. Používají se také keramické femorální komponenty, které snižují opotřebení polyetylenu. Životnost endoprotézy je individuální, většinou ale přesahuje 10 let.

Kovové implantáty mohou být cementované či necementované se speciálními povrchy. Součástí většiny implantátů je i náhrada pro patelu. V České republice byla vyvinuta totální endoprotéza prof. Rybkou a doc. Vavříkem ve spolupráci s firmou Walter-Motorlet, prvně byla implantována roku 1984.

### 2.3.2 Operace

Indikací k totální endoprotéze jsou situace, kdy je významně porušena funkce kloubu nebo je kloub zdrojem nezvladatelných bolestí. Lékař doporučuje endoprotézu po vyčerpání konzervativní terapie, které zahrnuje farmakoterapii, rehabilitaci, úpravu životosprávy a fyzikální terapii.

### 2.3.3 Typy kolenních náhrad

Veškeré typy kolenních náhrad se odvíjejí od náhrad pro kyčelní klouby. Rozlišuje tedy cementové, necementové a hybridní.



Obrázek 8: Koleno - Typy náhrad

## 2.4 Rehabilitace

Rehabilitace po operaci [1] [19] [7] je nejdůležitějším krokem. Pro maximální efekt účinnosti operace je nutné pacienta rehabilitovat co nejdříve po operaci a nenechat ho "zakrnět".

### 2.4.1 Kyčelní kloub

1. První den je pacient upoután na lůžko, končetina, která byla operována by měla být ve vyvýšené poloze. Je nutné zajistit, aby nedošlo k přetočení špičky chodidla zevně, což by vedlo k vykloubení operovaného kyčelního kloubu. Pacient by měl mít molitanový polštář vložen mezi stehna, který zajistí optimální odtažení dolních končetin. Měl by začít s nácvikem posazování.
2. Pacient druhý den začíná nácvikem chůze o berlích.
3. Po uplynutí pěti dnů od operace se už může pacient přetáčet na zdravý bok, ale pacient musí mít mezi stehny molitanový polštářek.
4. Za dva týdny od operace může být pacient propuštěn do domácí péče, pokud se nevyskytnou žádné komplikace, pro které by i nadále musel setrvat v nemocniční péči.

#### Čemu se pacient musí vyhnout?

1. Přetáčení špičky chodidla zevně – zevní rotace
2. Přetáčení špičky chodidla dovnitř – vnitřní rotace

3. Přílišnému přitažení dolních končetin – addukce
4. Překřížení přes operovanou končetinu
5. Ohnutí kyčle nad 90 stupňů – flexe

#### **2.4.2 Kolenní kloub**

Rehabilitace pacientů po totální endoprotéze kolenního kloubu se snaží co nejrychleji a nejdokonalěji obnovit porušené funkce kloubu, minimalizovat zdravotní důsledky a navrátit tak pacienta pokud možno zpět do aktivního života. Totální endoprotéza patří mezi operace s vysokým rizikem tromboembolických nemocí. Proto se ihned po operaci začíná s mobilizací a polohováním končetiny do flexe a extenze. Provádí se také dechová gymnastika a kondiční cvičení neoperovaných končetin.

Cílená fyzioterapie je zaměřena na zvyšování rozsahu pohybu v kolenním kloubu. Aktivní cvičení flexe a extenze je střídáno užíváním motodlahy. Cílem rehabilitace je dosáhnout maximální extenze a minimálně 90 stupňů flexe. Důraz je také kladen na izometrické posilování m. quadratus femoris, hlavně m. vastus medialis, který bývá po operaci oslaben. Příčinou je pravděpodobně větší zátěž svalu posturálním tonickým držením.

Druhý den po operaci bývá pacient obvykle vertikalizován. Postupně se nacvičuje stoj a chůze s opěrnými pomůckami (většinou francouzské hole). Velký důraz je kladen na správný pohybový stereotyp. Po zvládnutí chůze po rovném terénu se zhruba 5tý až 10tý den po operaci začíná trénovat chůze do schodů a po nerovném terénu. Pacient se dále učí samostatnosti a soběstačnosti s berlemi.

Zhruba po dvou týdnech jsou vyndány stehy. Pacient by měl být schopný maximální extenze, minimálně 90 stupňů flexe a samostatné chůze. Pacient se může otáčet na břicho a bývá propuštěn domů.

#### **2.4.3 Nácvik chůze**

Šest týdnů po operaci chodí pacient o berlích a operovanou končetinu pouze pokládá. Zátěž nesmí přesáhnout 15 kg. Pacient si to nacvičuje se zdravotním personálem v nemocnici.

Po šesti týdnech je pacient pozván na prohlídku a operovaný kloub je rentgenologicky vyšetřen, pokud je kontrola pozitivní, lze operovanou končetinu postupně zatěžovat, až do dosažení maximální váhy těla. Důležité je postupovat od zátěže statické, kdy pacient na končetinu pouze došlapuje plnou váhou a postupně přidávat plnou zátěž při chůzi.

Následují kontroly v intervalech 3 a 6 měsíců a rehabilitační pobyt v lázních.

## 2.5 Průzkum prací věnující se tématice analýzy chůze, či využití Kinectu za posledních 5. let v rámci České republiky [13]

- **Vytvoření 3d modelu prostředí pomocí senzoru kinect, Bakalářská práce, Pavel Kumpán, VUT v Brně 2014**

m cílem práce je návrh a realizace metody pro vytvoření 3D modelu prostředí pomocí senzoru Kinect. Řešení by mělo být schopno provádět skenování prostředí a následně vytvořit jeho 3D model pomocí senzoru Kinect. V rámci práce by měla být navržená metoda otestována na CPU a GPU. Součástí práce je i rešeršní část, ve které bude podrobně popsán senzor Kinect.

- **Interaktivní silové cvičení se zařízením Kinect, Bakalářská práce, Matěj Mrázek, MASARYKOVA UNIVERZITA 2012**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou snímání pohybu uživatele cvičícího s jednoručními činkami prostřednictvím zařízení Kinect. To poskytuje prostorová data pro animaci trojrozměrného modelu, který kopíruje pohyb cvičence. Aplikace kontroluje kvalitu techniky prováděného cviku a na případné nedostatky upozorňuje uživatele. Výsledky cvičení jsou uchovávány pro pozdější účely. Ovládání aplikace je zajištěno pomocí hlasových příkazů a klávesnice.

- **Využití pohybového snímače Kinect ve virtuální realitě, Diplomová práce, Michal Vinkler, MASARYKOVA UNIVERZITA 2012**

Hlavním účelem této práce je prakticky ověřit možnosti spojení prostředků virtuální reality (stereoskopická projekce, snímání pohybu) se zvoleným grafickým a fyzikálním enginem (Java Monkey Engine společně s jBullet). Pro interakci uživatele s ukázkovou aplikací bylo zvoleno právě zařízení Kinect. Úvodní část práce se věnuje popisu senzoru, jeho hardwarevému návrhu a možným způsobům využití. Navazuje kapitola shrnující poznatky získané studiem použitých technologií. Ty jsou následně prakticky využity v části pojednávající o implementaci vybraných prostředků virtuální reality do Java Monkey enginu. V závěru jsou shrnuty dosažené výsledky a navržena možná rozšíření. Součástí práce je rovněž ukázková aplikace – pohybová hra, která demonstruje spojení daných technologií v praxi.

- **Identifikace člověka podle stylu chůze, Bakalářská práce, Krupčík, Lukáš, VŠB-TUO Ostrava 2014**

V bakalářské práci, s názvem Identifikace člověka podle stylu jeho chůze, se zabývám nalezením postupu, jak z videozáznamu identifikovat osobu podle chůze. V kapitolách této práce se zabývám biometrií, chůzí, zpracováním a analýzou obrazu a možností využít neuronovou síť pro rychlejší identifikaci osoby. V této práci se nepracuje přímo s videozáznamem, ale pracuje se sekvencí snímků vyextrahovaných ze záznamu. Součástí této práce je i program implementovaný pro systémy Microsoft Windows, uživatelská dokumentace a programátorská dokumentace.

- **Vývoj rozhraní pro interaktivní distribuovanou hru s ovládáním pomocí 2D i 3D obrazových senzorů, Diplomová práce, Bc. Jan Holeček, Západočeská univerzita v Plzni 2014**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem rozhraní určeného pro snadný vývoj interaktivních distribuovaných aplikací a her s využitím 2D a 3D obrazových senzorů. V úvodních částech je prezentován stručný teoretický úvod do distribuovaných systémů, technologií TCP/IP a zařízení Kinect. Následuje popis použitých technologií, díky kterým bylo možno navrhnout jednotlivé komponenty samotného rozhraní pro přenos dat mezi uživateli a pro získání a zpracování obrazových informací ze zařízení Kinect. Stěžejní část práce obsahuje popis návrhu a funkčnosti těchto komponent i rozhraní jako celku. V práci je také prezentována interaktivní hra, pomocí které je výše zmíněné rozhraní testováno. Testy provedené na této aplikaci potvrdili použitelnost a funkčnost rozhraní v reálných podmínkách.

- **Užití moderních technologií v současném českém pohybovém divadle a audiovizuální tvorbě, Bakalářská práce, Martin Hamouz, JANÁČKOVA AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V BRNĚ 2015**

Bakalářská práce „Užití moderních technologií v současném českém pohybovém divadle a audiovizuální tvorbě“ si klade za cíl na vzorku multimediálních inscenací a instalací představit současné technologie, rozebrat jejich funkce a popsat, jak pracují. Součástí práce je také historický exkurz za významnými českými průkopníky nových divadelních forem, kteří ve 20. století experimentovali s moderními technologiemi.

- **Terapeutická hra s biofeedbackem pro rehabilitaci dolních končetin, Diplomová práce, Bc. Kateřina Kubínová, VUT V Brně 2016**

Práce se zabývá problematikou využití senzoru Kinect v rehabilitaci kolenního kloubu. Relativně nová metoda rehabilitace pomocí biologické zpětné vazby, získaná z dat pohybového senzoru Kinect One for Windows, přináší pacientovi celou řadu výhod. Součástí diplomové práce je terapeutická hra vyvinutá v prostředí C#

## 2.6 2.6 Průzkum prací věnující se tématice analýzy chůze, s využitím Kinectu za posledních 5. let v rámci světa

- **Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report [8]**

Cílem tohoto experimentu bylo zhodnotit proveditelnost využití herní konzole Xbox Kinect pro obnovu funkčních a motorických schopností u jednoho pacienta s anamnézou traumatického poranění mozku (TBI). Pacient, byl to 29-letý muž s těžkými funkčními a motorickými deficity druhotných poranění mozku, ke kterému došlo 9 let před touto studií. Pacient se zúčastnil deseti sezení, třikrát týdně po dobu čtyř po sobě jdoucích týdnů hraní Xbox Kinect hry. Tato setkání se skládala z hraní pěti různých her Kinect Adventure série. Pacient byl hodnocen s sérií klinických testů před a po herní rehabilitaci. Kromě

klinického posuzování výkonu pohybu pacienta, byl zaznamenán také systémem Qualysis pro analýzu pohybu. Z kinematických dat, po herní rehabilitaci, pacient ukázal zlepšení celkového výkonu hraní, klinické výsledky a pohyb výkonové charakteristiky v rámci různých her. Výsledky ukázaly, že herní konzole Xbox Kinect mohou být použity relativně snadno k rehabilitaci vážných funkčních, motorických a posturálních deficitů i u pacienta, při chronickém stupni po TBI.

- **Reflexion Health's Rehabilitation Measurement Tool is Advancing Physical Therapy with Kinect for Windows [9]**

Reflexion Health's Rehabilitation Measurement Tool je nástroj pro fyzickou terapii u pacientů, a slouží také pro posouzení míry účinnosti terapií pro lékaře. Je spárován s Kinect senzorem a využívá Software Development Kit (SDK) s proprietárním softwarem na interaktivní řešení, která pomáhá pacientům a lékařům zlepšit fyzickou terapii. Tato technologie, která byla do klinických studií v říjnu 2012 uvedena, je fyzická terapie přizpůsobená přímo pro daného pacienta.

- **Balance Rehabilitation using Xbox Kinect among an Elderly Population: A Pilot Study [10]**

Při současném stárnutí populace, se stává velkým problémem zdravotnický personál. Jednou z hlavních součástí prevence pádu je školení rovnováhy, které by mohlo být dosaženo pomocí Microsoft Xbox Kinect. Tato videoherní platforma využívá pohybové senzory pro zachycení pohybu účastníků a poskytuje vizuální zpětnou vazbu. Kromě jeho použití pro rekreační účely, má potenciál být skvělým domácí založeným nástrojem pro rovnováhovou rehabilitaci. Cílem této studie je zhodnotit účinnost Kinectu, jako jediného nástroje pro trénink rovnováhy, stejně jako měření zájmu obyvatelstva k tomuto přístupu. Tři účastníci s problémem s rovnováhou byly zahrnuty do této studie. Všichni dokončili standardizovaný 10-týdenní program, skládající se ze dvou 30 minutových tréninků rovnováhy pomocí Kinectu týdně, kromě svých obvyklých víceoborových ošetření. Pozorovali jsme zlepšení BBS (Berg Balance Scale), Tug (Up-a-Go) a ABC (Activity-Specific Balance Confidence Scale) skóre pro každého účastníka. Nicméně, STS (Sit-to-Stand) skóre se zlepšilo u dvou ze tří účastníků a rychlost chůze zůstala stejná pro všechny. Navíc, všichni účastníci byli spokojeni s jejich zkušenostmi. Celkově lze říci, že výsledky ukázaly, že Xbox Kinect by mohl být skvělý doplněk k multidisciplinární léčby a ke zlepšení rovnováhy. Přesto jsou zapotřebí vysoce kvalitní studie se prokazatelností účinnosti a použitelnost tohoto přístupu pro rovnováhovou rehabilitaci.

- **Jintronix makes rehabilitation more convenient, fun, and affordable with Kinect for Windows [11]**

Mrtvice může být zničující zážitek, takže pacient s vážným tělesným postižením je sužován obavami o budoucnost. Dnes je budoucnost mnohem jasnější, po mrtviční rehabilitace učinila obrovský pokrok. Nyní Jintronix nabízí významný pokrok v pomoci pacientům po

mrtvici obnovit své fyzické funkce s využitím systému pro fyzické rehabilitace - používá Microsoft Kinect pro Windows.

- **Is the Kinect system suitable for evaluation of the hip joint range of motion and as a screening tool for femoroacetabular impingement (FAI)? [12]**

V klinickém hodnocení femoroacetabular impingement (FAI), je nedostatek kvantitativních, spolehlivých a poučných metod hodnocení pro celkové funkční schopnosti jedince. Srovnávali jsme klinické a radiologické měření kyčelního kloubu s novou metodikou založenou na konceptu 3-dimenzionální dosažitelného prostoru pomocí Microsoft Kinect. Hodnotili jsme vzájemný vztah mezi úhlem alfa Nötzli o plné délce rentgenových snímků a klinické vnitřní rotace. Hodnotili jsme přesnost společných pozic a úhlů kyčle mezi systémem Kinect a klinické vyšetření, včetně rozsahu pohybu (ROM). Výsledky našeho klinického studii s 24 účastníků studie ukázala významný rozdíl mezi normální vnitřní rotace ( $> 21$  stupňů) a snižuje vnitřní rotace ( $< 21$  stupňů C) v porovnání s radiační alfa úhlu Nötzli ( $p = 0,026$ ). Získané údaje dosažitelné Kinect prokázaly mírný dohodu mezi Kinect a klinického vyšetření (korelační koeficienty mezi 0,230 a 0,375). Tyto výsledky naznačují, že vyšší stupeň alfa úhel Nötzli doprovází snížení klinických vnitřní rotace. Systém Kinect poskytuje spolehlivé výsledky. Nicméně, další série testů musí být provedena za použití Kinect v klinickém hodnocení FAI.



### 3 Teoretická část - Zpracování obrazu

Jak už to bývá, je potřeba na počátku definovat základní pojmy a stručné vysvětlení těchto pojmů, pro lepší orientaci v textu této práce. [2]

#### 3.1 Základní pojmy

##### 3.1.1 Obraz

Obraz je reprezentací obrazových informací v digitální paměti. Vzhledem k charakteru digitálních informací je nutné obraz kvantovat, znamená to obraz rozdělit na menší kousky – tzv., pixely, kde každý pixel obsahuje jen jednu hodnotu jasu. Kvantování se používá i pro hodnoty jasu, každý pixel tak může mít konečný počet hodnot jasu.

Při počítačovém zpracování se používá několik barevných modelů:

- RGB model je nejčastěji používaný. Barvu pixelu reprezentuje trojice čísel odpovídající jasu červené (R), zelené (G) a modré (B) barvy. Výsledná barva je dána adicí všech barev, hovoříme proto o aditivním modelu. V RGB modelu pracují např. monitory, v RGB modelu je uložena barva ve většině datových formátů.
- CMYK model je subtraktivní model. Výsledná barva pixelu je dána rozdílem složky azurové (C), fialové (M) a žluté (Y). Protože barevný model CMYK se obvykle používá při tisku, používá se kvůli úspoře barvy ještě informace o černé složce (K).
- Modely HSV a HSL jsou barevné modely nevyužívající mísení barev. Barvu pixelu reprezentuje číslo barvy (H), sytost barvy (S) a hodnota bílého světla (V) resp. jas (L). Model se používá spíše v grafických aplikacích, protože umožňuje uživateli manipulovat s barvou způsobem, jaký intuitivně očekává.

##### 3.1.2 Digitální videozáznamy

Digitální videozáznam se získává pomocí digitální videokamery, analogové kamery a následného převedení do digitálního videozáznamu, nebo lze videozáznam „vyrobit“ pomocí nástrojů, které vezmou digitální informace získané např. z různých senzorů a sond a vytvoří z nich videozáznam.

- Digitální kamera zaznamenává videosekvence, a to buď na digitální videokazetu zakládajícínou do kamery, nebo na disk externího DVD rekordéru.
- Analogová kamera zaznamenává videosekvence na magnetický pásek, záznam z tohoto pásku pak musíme převést pomocí dalších zařízení do digitální podoby.
- Senzory, např. hloubkový senzor Kinectu, získávají údaje o vzdálenosti scény vyskytující se před senzorem. Z těchto údajů lze sestavit videosekvenci pro další zpracování.

### 3.1.3 3D prostor

3D či 3-D je zkratka výrazu „trojdimenzionální“, „trojrozměrný“ a označuje svět, který je možné popsat třemi rozměry. Předměty ve trojrozměrném světě mají objem. Zkratka 3D často označuje techniky používané pro zobrazení či prohlížení zdánlivě trojrozměrných objektů na plochem (dvojrrozměrném) médiu (papír, filmové plátno, počítačová obrazovka, mobil, ...).

### 3.1.4 Algoritmus

Algoritmus [3] je pracovní postup, který splňuje tyto povinné vlastnosti:

- Rezultativnost - vždy vydá nějaký výsledek.
- Finitnost (konečnost) - skončí po konečném počtu provedených kroků.
- Elementárnost (jednoduchost) popisu - Algoritmus je popsán konečným počtem základních instrukcí. Tedy takových, o kterých je jasné, jak se provedou.
- Determinovanost (jednoznačnost) - Postup je jasně daný a vždy závisí pouze na popisu algoritmu a na vstupu. Na průběh algoritmu nemá vliv náhoda, či svobodná vůle řešitele.

Návrh algoritmu je možný různými způsoby:

- Shora dolů – postup řešení rozkládáme na jednodušší operace, až dospějeme k elementárním krokům.
- Zdola nahoru – z elementárních kroků vytváříme prostředky, které nakonec umožní zvládnout požadovaný problém.
- Kombinace obou – obvyklý postup shora dolů doplníme "částečným krokem" zdola nahoru tím, že se například použijí knihovny funkcí, vyšší programovací jazyk nebo systém pro vytváření programů (CASE).

Je třeba poznamenat, že abstraktní kritérium konečnosti je pro praktické použití ještě příliš slabé. V praxi je třeba zajistit, aby algoritmus skončil „v rozumném“ čase. Za rozumný čas lze v praxi považovat takový čas, který nám umožní smysluplně využít výsledek.

### 3.1.5 XML

eXtensible Markup Language (zkráceně XML [3]) je obecný značkovací jazyk, který byl vyvinut a standardizován konsorciem W3C. Je zjednodušenou podobou staršího jazyka SGML. Umožňuje snadné vytváření konkrétních značkovacích jazyků (tzv. aplikací) pro různé účely a různé typy dat. Používá se pro serializaci dat, v čemž soupeří např. s JSON či YAML. Zpracování XML je podporováno řadou nástrojů a programovacích jazyků. Jazyk je určen především pro výměnu dat

mezi aplikacemi a pro publikování dokumentů, u kterých popisuje strukturu z hlediska věcného obsahu jednotlivých částí, nezabývá se vzhledem.

XML dokument je text, vždy Unicode, v českém prostředí obvykle kódovaný jako UTF-8, ale jsou přípustná i jiná kódování. Na rozdíl od např. HTML, efektivita XML je silně závislá na struktuře, obsahu a integritě.

### **Zpracování XML**

Existují dva nejčastější přístupy ke zpracování XML dokumentu:

- DOM parser (DOM = Document Object Model) vezme XML dokument a vyrobí z něho obraz (strom) v paměti.
- SAX parser (SAX = Simple API for XML) postupně prochází XML dokument a vyvolává události. Je na programátorovi, aby tyto události zpracoval.

### **3.1.6 Vizualizace**

Vizualizací se rozumí zobrazování skutečnosti, jejichž výsledky jsou znázorněny vnímané prostřednictvím zrakových receptorů. Vizualizace úzce souvisí s uplatňováním zásady názornosti. S vizualizací se setkáváme v mnoha oblastech – stavebnictví, technice, strojírenství, geografii atd. Je při tom využíváno moderních metod – počítačového modelování.

## **3.2 Použité technologiemi**

Aplikace je implementována na platformě .NET a to v programovacím jazyce C#. Důvody tohoto výběru jsem uvedl v kapitole věnující se informacím o SDK Kinect od firmy Microsoft. Zpracovávaná data lze vizualizovat v trojrozměrném prostoru, proto jsem se zabýval také možností využití virtuální reality.

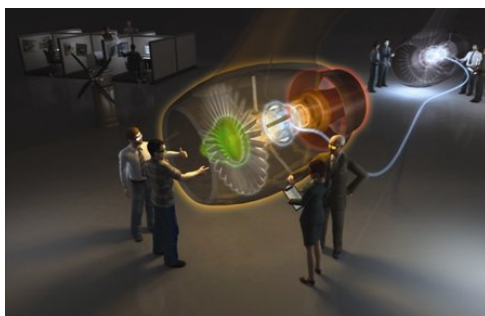
Při psaní bakalářské práce jsem pracoval s videozáznamy chůze získané klasickou kamerou a při hodnocení moji práce se mě mnozí ptali, zda jsem vyzkoušel zařízení Kinect. Proto při psaní této práce jsem se rozhodl, že k získání dat o chůzi využiji toto zařízení. Zvolil jsem inovovanou verzi a to Kinect v2, který je oproti předchozí verzi snadno připojitelná pomocí USB v3 k počítači a je oproti předchozí generace přesnější a výkonnější.

### **3.2.1 C# [3]**

Patří mezi vysokoúrovňový objektově orientovaný programovací jazyky, byl vyvinut firmou Microsoft zároveň s platformou .NET Framework, později schválený standardizačními komitami ECMA (ECMA-334) a ISO (ISO/IEC 23270). Microsoft založil C# na jazycích C++ a Java (a je tedy nepřímým potomkem jazyka C, ze kterého čerpá syntaxi). Tento programovací jazyk patří mezi klíčové jazyky pro vývojové prostředí Microsoft Visual Studio.

### 3.2.2 Virtuální realita

Virtuální realita [17] je soubor technologií umožňující propojení člověka s děním v počítači a na obrazovce. Virtuální realita se rozlišuje do tří základních stupňů a to na virtuální realitu pasivní, aktivní a interaktivní. Rozdíl spočívá ve stupni zapojení subjektu. Při pasivní virtuální realitě je subjekt obklopen dojmem 3D scény, ale je do ní začleněn bez možnosti jakéhokoliv ovlivnění. Děj spíše připomíná film. V aktivní virtuální realitě si může subjekt zvolit úhel pohledu, případně směr procházení objektem, ale nevolí samotný děj. V interaktivním prostředí může ovlivňovat děje v prostředí, volit pohledy a úhly.



Obrázek 9: Interaktivní prostředí [15]

Technologie pro vytvoření virtuální reality můžeme rozdělit podle smyslu, kterému dodávají podněty. Zrakové podněty lze dodávat pomocí zobrazování na monitoru. Je důležité dbát na frekvenci zobrazování jednotlivých obrazovek. Frekvence je ideální, pokud je dodaná realita subjektem vnímána jako kontinuální děj. Lidské oko je schopno rozlišit až 20 obrázků za sekundu, ale pro opravdu reálný vjem je zobrazovací frekvence 50 obrazů za sekundu.

Mezi základní prostředky pro tvorbu virtuální reality patří nošení speciálních brýlí, pro umožnění prohlížení 3D scény. Zvukové vjemy jsou obstarávány stereofonními sluchátky. Součástí každé virtuální reality jsou složité výpočty odrazů všech zvuků o virtuální překážky, tak aby sluchátek mohl jít až součet všech příspěvků. Novějšími technologiemi jsou rukavice pro stimulaci hmatu. Ve vývoji jsou i technologie na stimulaci čichu.

Využití virtuální reality je vhodné všude tam, kde by špatná reakce mohla poškodit zdraví nebo i lidský život. Ve virtuální realitě se již trénují vojáci a využívá se i pro výcvik mediků na pozici operátora.

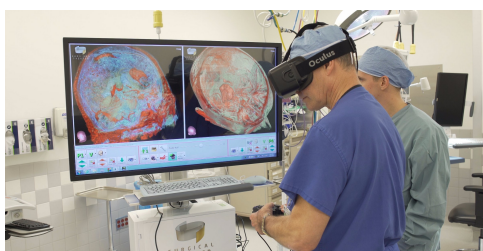
### 3.3 Snímání pohybu

Jedná se o techniku [16], která sleduje objekt v reálném světě a pomocí různých senzorů převádí pohyb do trojrozměrného matematického prostoru. Mezi nejčastější objekty zájmu patří člověk.

Důvodem je to, že je velmi rozšířené odvětví zábavného průmyslu, dále se tato technika používá v bezpečnostním sektoru a v neposlední řadě lze tuto techniku využít také v lékařském sektoru.



Obrázek 10: VR armáda



Obrázek 11: VR medicína

Největší pozornost je zaostřena na převod pohybu na pohyb modelu postavy. Umístění senzorů snímání pohybů na skutečnou postavu je nejpřesnější a nejrychlejší metodou, ale není příjemná pro sledovanou osobu.

Techniky, sloužící pro snímání pohybu lze rozlišit podle typu použité technologie.

- Mechanické snímání
- Magnetické snímání
- Optické snímání

### 3.3.1 Mechanické snímání

Na tělo sledované osoby jsou umístěny senzory, nejlépe do míst reálných kloubů pro přenést nezkrivených dat. Nevýhodou této metody jsou značné omezení osoby po dobu sledování. Zařízení se také říká exoskelet.

### 3.3.2 Magnetické snímání

Metoda spočívá v generování  $n$  magnetického pole vnějším zdrojem a jeho měření pomocí senzorů umístěných na těle sledované osoby. Emitující zdroj a senzory musí být propojeny s řídicí jednotkou, jež zpracovává data a vyhodnocuje polohy senzorů. Opět zde herce omezují datové kabely spojující senzory a řídicí jednotku.



Obrázek 12: Mechanické snímání

Senzorů bývá až 11, některé jsou využity jako báze kinematických řetězců a některé jako koncové efekty. Proto je nutné využít zde inverzní výpočet kinematiky rotace kloubů mezi dvěma body. Další a zásadní nevýhoda této metody je citlivost na kovy, které mají rušivé efekty na snímaná data. Výhodou je ale možnost zákrytu, nemusí být tedy přímá viditelnost snímané osoby před senzorem.



Obrázek 13: Magnetické snímání - Kraniokorpografický systém. Uprostřed je senzor směřující na pacientku. Vpravo výpočetní jednotka

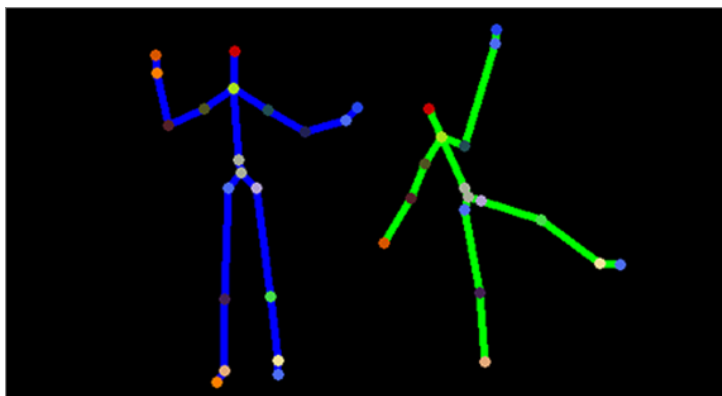
### 3.3.3 Optické snímání

Metoda spočívá na principu rozmístění více kamer ve scéně snímající sledovanou osobu. Následně je ve snímané scéně nalezen hledaný bod a tak se určí jeho přesné umístění v trojrozměrném prostoru. Toto umístění můžeme nazvat souřadnicí a z množiny souřadnic získaných ze všech kamer a následné analýzy získaných dat lze zjistit umístění, rotaci všech námi sledovaných bodů – kloubů, na těle.

Tento princip je velmi příjemný pro sledovanou osobu, není omezen žádnou kabeláží a má tak možnost přirozeného pohybu. Není potřeba pořizovat drahá zařízení, vystačíme si s klasickou

kamerou, která má možnost snímat scénu ve vyšším rozlišení. Podle zkušeností z mé bakalářské práce je možnost využít také méně kvalitní kamery, jsme jen pak limitováni menšími detaily ve scéně.

Dříve byla nutnost u sledované osoby odlišit oblečení od pozadí scény, toto omezení mě limitovalo u bakalářské práce. U některých zařízení není toto omezení, takovým zařízením je Kinect.



Obrázek 14: Optické snímání

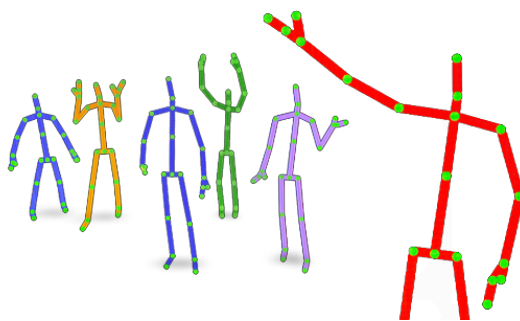
### 3.4 Kinect v2

V bakalářské práci jsem založil identifikaci na základě analýzy videozáznamu chůze člověka pořízené klasickou videokamerou. Videozáznam jsem poté rozsekal na sekvenci po sobě jdoucích snímků a na ně jsem následně používal různé filtrační techniky pro získání samotné kontury daného člověka.

Po získání kontury jsem hledal určité body na těle v sekvenci snímků a podle nich jsem identifikoval danou osobu. Při obhajobě bakalářky před komisí jsem byl dotázán, zda jsem neuvažoval o využití zařízení Kinect, který je schopen sledovat určité body na těle a mohl jsem tak snadněji a přesněji identifikovat jedince.

Při analýze požadavků na zpracování této diplomové práce jsem zjistil, že využitím zařízení Kinect mohu dosáhnout mnohem lepších výsledků, než při využití metody použité u bakalářské práce. Pořídil jsem tedy zařízení Kinect v2 [4] [5] [6]. Kinect v2 je druhou generací pohybového senzoru sloužícího k sledování určitých bodů na lidském těle. Přednostně je využíván při hraní her, hlavně na zařízeních Xbox One. Oproti předchozí verzi je tato verze senzoru technicky propracovanější, což umožňuje přesnější snímání pohybu a to až šesti lidí současně.

Kinect je přístroj s dílen společnosti Microsoft. Umožňuje definovat nový způsob interakce mezi “hráčem” a herní konzolí/počítačem. Původně byl určen jako ovládací doplněk pro herní konzoli Xbox 360. Na rozdíl od konkurence (Nintendo Wii a Playstation), kteří pro ovládání využívají herní ovladače, Microsoft zvolil jinou cestu a ruce hráčů jsou tak volné.



Obrázek 15: Kinect - snímání pohybu a to až šesti lidí současně

Kinect obsahuje RGB HD kameru, dva hloubkové senzory, které snímají prostor před sebou a detekují pohyb v trojrozměrném prostoru a umožňují tak ovládat zařízení pomocí pohybu a gest. Dále je Kinect vybaven čtyřmi směrovými mikrofony, které umožňují také hlasové ovládání.

Mnozí uživatelé Kinectu si uvědomovali skrytého potenciálu zařízení Kinect a začli vyvíjet různé aplikace a hry pro různá zařízení. Společnost Microsoft vyšla těmto lidem vstříc a vydala úpraven verze Kinectu a ovladače, díky kterým je možné přes USB rozhraní připojit Kinect k počítači a také vydala SDK Kinect pro komunikaci se zařízením, díky kterému dovolila komunitě samostatně vyvíjet své aplikace, či hry.

Přesto má senzor Kinect také pár nevýhod, které limitují jeho využitelnost. Největším nedostatkem je znatelná odezva na snímání pohyb a jeho vyhodnocení. Dalším nedostatkem je fakt, že Kinect není schopen rozeznat skelet snímání osoby, která je v “poloze”, kterou Kinect nerozezná korektně.

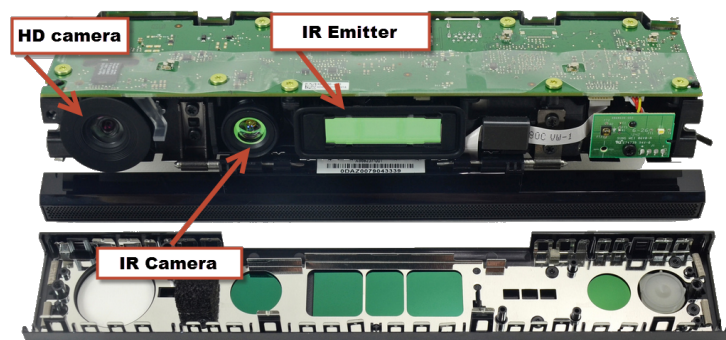
#### 3.4.1 Technické specifikace Kinect v2

- zpoždění systému do 60 ms
- snímání obrazu v rozlišení 1080p
- aktivní infra snímání pro snížené světelné podmínky, i pro úplnou tmou
- čtyři integrované mikrofony pro prostorové snímání zvuku
- podpora hlasového ovládání
- rozpoznávání výrazu obličeje až šesti lidí současně

#### 3.4.2 Snímání pohybu pomocí Kinectu

Pro sledování pohybu osoby před senzorem Kinect je využit hloubkový senzor [18]. Získáme tak prostorová data, ze kterých je možné určit kde se nachází sledovaná osoba ve sledované scéně. Kinect tyto data získá pomocí dvou hloubkových kamer. Získaná data lze rozdělit do dvou typů.





Obrázek 16: Kinect - pohled dovnitř

Tabulka 1: Rozdíly mezi generacemi senzoru

Vlastnost	Verze 1	Verze 2
Rozsah hloubky	0.4m › 3.0m	0.4m › 3.5m
Barevné snímání - rozlišení	640x480	1920x1080
Hloubkové snímání - rozlišení	320x240	512x424
Infračervené snímání - rozlišení	None	512x424
Prostorové snímání zvuku	4-mic array	4-mic array
USB připojení	2.0	3.0

Prvním typem je dat je obraz přesné scény před senzorem, jsou to informace o každém pixelu, ze kterých je obraz složen.

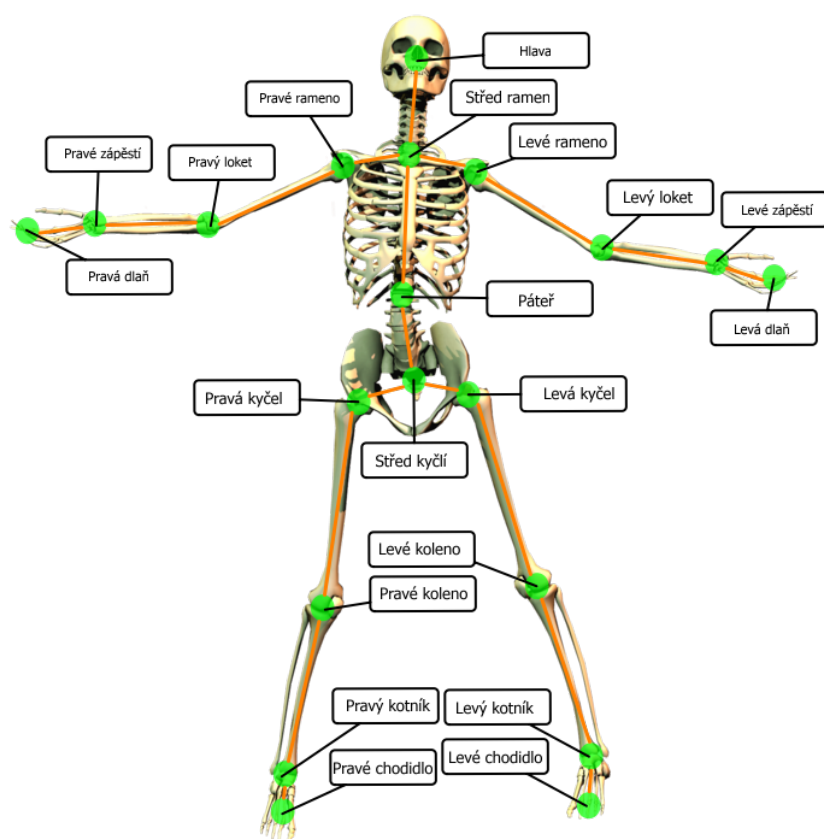
Parametry pixelů obsahují barvu, hloubku a jeho pozici ve scéně. Pro účely této práce jsou tyto data sice použitelné, ale nevhodné. Protože je vhodnější využít data druhého typu. Data druhého typu obsahují informace o skeletu osoby nacházející se před senzorem. Je schopen sledovat až šest osob nacházející se před senzorem a sestavit pro tyto osoby virtuální skelet s umístěným bodů na správné anatomické umístění kloubů na kostře osob.

Počet kloubů, jejichž souřadnice a umístění ve skeletu je možné získat, je dvacet. Čtyři pro každou končetinu a čtyři pro oblast hlavy a páteře.

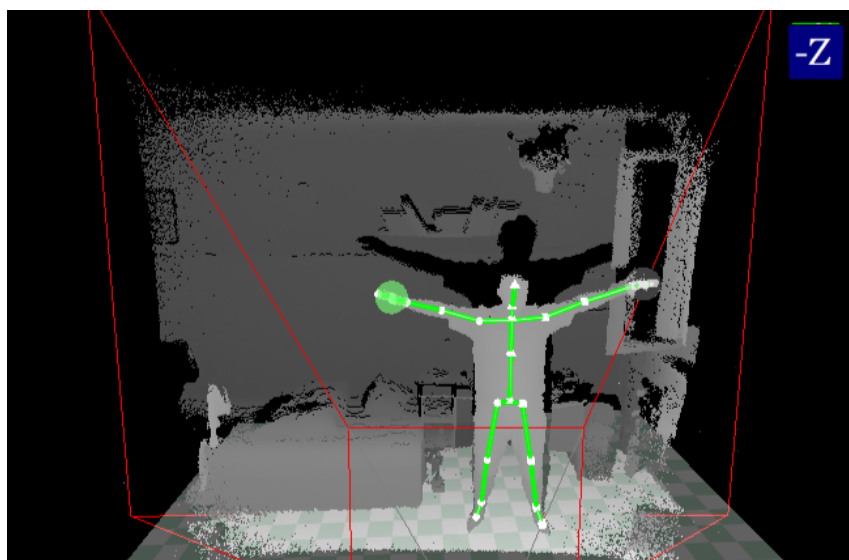
### 3.4.3 Získání prostorových dat

Získání těchto dat je řešeno pomocí knihovny z oficiálního SDK Kinect od firmy Microsoft. Tato knihovna je volně šiřitelná a není potřeba žádné další závislosti z výše zmíněného SDK. Aplikaci lze tedy spustit na systému, kde není toto SDK nainstalováno, není také potřeba aby systém kde aplikace běží obsahoval ovladač pro zařízení Kinect.

Data sledovaných bodech jsou extrahována a uložena pro každý bod samostatně. Data o jednotlivých bodech, tedy o umístění bodu v prostoru jsou poté využívána podle toho, kde je bod umístěn na kontuře. Zpracováním těchto dat se zabývám v následujících kapitolách detailněji.



Obrázek 17: Dvacet bodů rozpoznatelných Kinectem



Obrázek 18: Pohled na reálný snímek z Kinectu

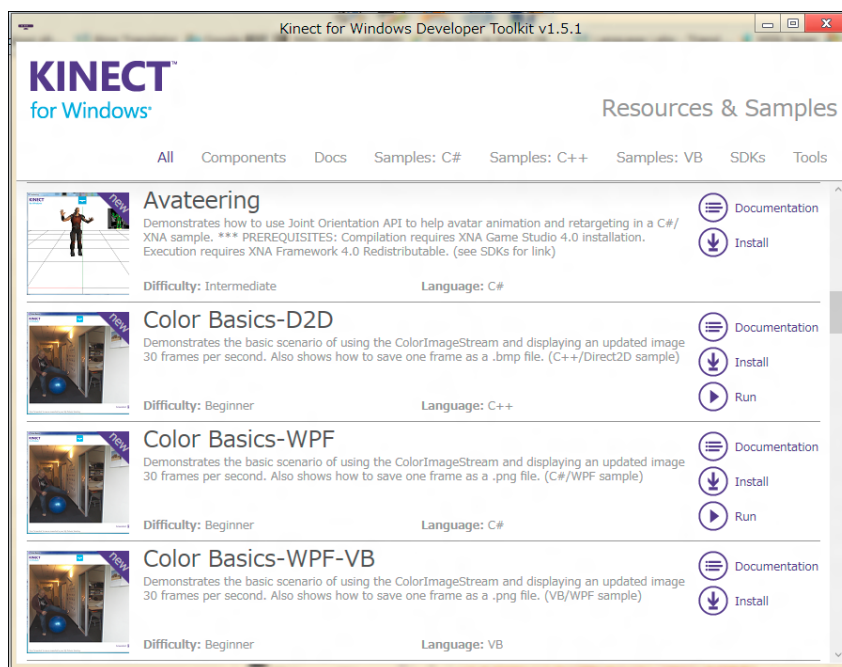
### 3.4.4 SDK pro práci s Kinectem

Pro práci s Kinectem je možné použít několik SDK (Software Development Kit [18]). Mezi nejrozšířenější SDK patří oficiální Kinect SDK od společnosti Microsoft a potom opensource SDK OpenKINECT, který vyvíjí komunita pohybující se v prostředí s Kinecty. Oficiální SDK od firmy Microsoft je dostupné pro operační systém Windows. Mezi podporované jazyky se řadí C++, C# a Visual Basic. SDK OpenKINECT oproti oficiálnímu SDK podporuje operační systém Windows, Linux i OS X. Také mezi podporované jazyky přibyl Python, C, Java, a další. . .

Pro účely této práce jsem se rozhodl využít oficiální SDK od firmy Microsoft, jedním z důvodů proč jsem zvolil toto SDK bylo zadání diplomové práce. A to, že výsledná aplikace musí být pro platformu Windows. Dalším důvodem byla snadná instalace SDK a ovladače pro zařízení Kinect. A mezi poslední výhody patří také snadná implementace v prostředí Visual Studio. Pro nekomerční použití je SDK pro práci s Kinectem od firmy Microsoft volně dostupné na stránkách <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561> a to ve verzi 2.0, která podporuje novější senzor Kinect v2.0. Bohužel, poslední aktualizace tohoto SDK byla 21.10.2014.

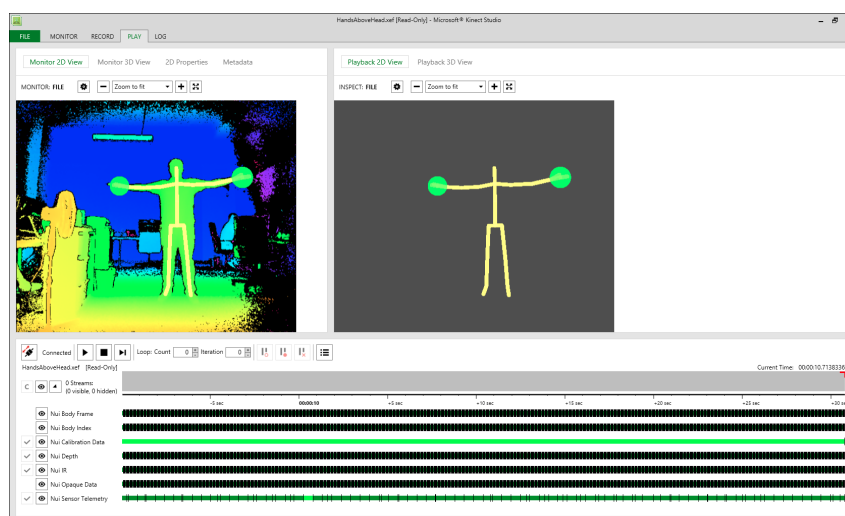
Také je důležité, že oficiální SDK je možné nainstalovat pouze na systému Windows 8 a vyšší. Tolik oblíbené Windows 7 patří už mezi nepodporované systémy. Pro jazyk C# je zaručena správná funkcionality algoritmu pro toto zařízení. Tento jazyk je také velmi rozšířený a existuje k němu velké množství literatury, proto jsem jej zvolil jak výchozí programovací jazyk pro moduly.

SDK také obsahuje Developer Toolkit, kde lze shlédnout a získat návody na práci s Kinectem.



Obrázek 19: SDK pro práci s Kinectem

Obsahuje také aplikaci, kterou lze využít k nahrávání záznamu z Kinectu a jejího pozdějšího přehrávání. Při přehrávání se to pak chová, jako by byl Kinect připojen a vysílal data.



Obrázek 20: Nahrávání záznamu z Kinectu

## 3.5 Vizualizace

Při analýze dostupných prostředků pro vizualizaci dat jsem narazil na software od firmy Unity Technologies. Konkrétně jejich game engine Unity 5. Jelikož program k této práci píše v jazyce C#, tak využiji toho, že tento game engine podporuje tento jazyk. Pro další vizualizaci potom využívám dostupné funkce z Kinect SDK.

### 3.5.1 Unity 5

Jedná se o jednu z nejlepších vývojových platforem pro vytváření 2D/3D hry a interaktivní vizualizace.



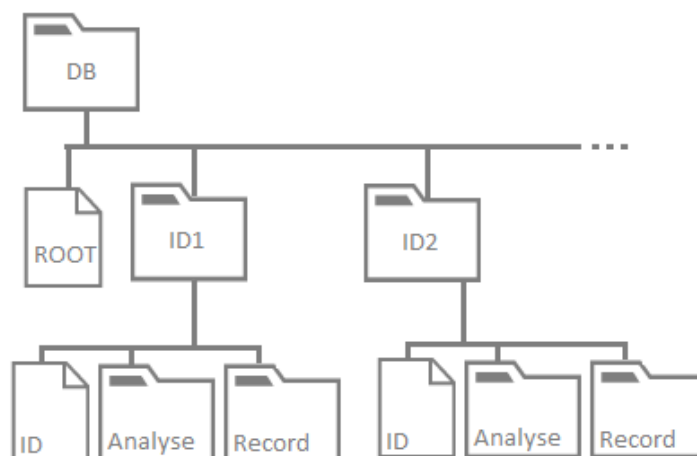
Obrázek 21: Logo UNITY5

## 4 Praktická část – Příprava

### 4.1 Správa pacientů

V požadavcích na vyvíjený software je zmíněná databáze pacientů obsahujících údaje o pacientech a záznamy jejich chůzí. Bude možné pacienty přidávat, upravovat údaje, či vymazat z databáze.

Navrhl jsem tedy lokální řešení pomocí XML souborů, kde v jednom XML bude databáze pacientů a každý pacient bude mít navíc vlastní XML soubor, ve kterém budou uvedené veškeré údaje týkající se daného pacienta a záznamy chůzí pacienta budou v dalším XML souboru. Bude se jednat v podstatě o jednoduchý strom, kde kořenem stromu bude XML soubor s databází pacientů a listy stromu budou obsahovat údaje pacienta a záznamy jeho chůzí.



Obrázek 22: Strom struktury ukládání souboru

### 4.2 Sběr materiálu pro analýzu

Na této studii se podílel pan MUDr. Martin Kozák z Karvinské hornické nemocnice z oddělení ortopedie. Vybírali jsme pacienty, kteří jdou na operaci endoprotézy kolenního, nebo kyčelního kloubu. Dále bylo parametrem výběru bydliště pacienta a umístění ambulance, kde pacient dochází a to z důvodu následného natáčení při třetí kontrole – většinou po návratu pacienta z lázní. Domluvili jsme se, že vybereme dvacet pacientů, ze kterých alespoň deset budeme analyzovat. Zvolili jsme dvakrát více pacientů, než je potřeba, protože není zaručeno, že všichni budou dále spolupracovat, nebo zda se vůbec dostaví na další natáčení.

Už od druhého pacienta jsme zjistili, že postupujeme správně, po operaci přestal pacient spolupracovat a dalšího výzkumu se tedy nezúčastnil. Při dokončení výběru 20 pacientů a natočení jejich chůze před propuštěním domů bylo vyřazeno pět pacientů a to z důvodu nespolupráce, nebo nečekaných zdravotních komplikací.

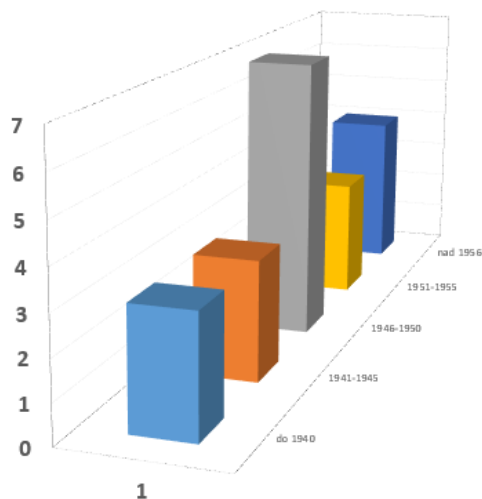
Nakonec, po dokončení třetího natáčení jsme se zastavili na čísle 9. O jednoho méně, než jsme chtěli na začátku. Některé pacienty se mi nepodařilo znova kontaktovat (uvedené kontaktní údaje nebyly pravdivé), nebo se přestěhovali mimo dosah natáčení (dva případy), další odmítli se dále v této studii angažovat a jeden sledovaný subjekt zřejmě zemřel (není ověřena informace, pouze z doslechu).

id	zákrok	Natáčení			1-2	1-3
		první	druhé	třetí		
1	Levá kyčel	13.10.2015	20.10.2015	25.4.2016	7	195
2	Levá kyčel	13.10.2015	-	-	-	-
3	Pravé koleno	14.10.2015	27.10.2015	14.9.2016	13	336
4	Pravé koleno	18.10.2015	27.10.2015	25.4.2016	9	190
5	Pravá kyčel	21.10.2015	-	-	-	-
6	Pravá kyčel	21.10.2015	-	21.9.2016	-	336
7	Pravá kyčel	25.10.2015	8.11.2015	-	14	-
8	Pravé koleno	28.10.2015	4.11.2015	-	7	-
9	Levá kyčel	28.10.2015	4.11.2015	-	7	-
10	Pravé koleno	1.11.2015	10.11.2015	-	9	-
11	Pravá kyčel	1.11.2015	10.11.2015	-	9	-
12	Pravé koleno	1.11.2015	10.11.2015	18.11.2016	9	383
13	Pravé koleno	1.11.2015	-	26.4.2016	-	177
14	Pravá kyčel	3.11.2015	11.11.2015	27.4.2016	8	175
15	Pravé koleno	3.11.2015	10.11.2015	-	7	-
16	Pravé koleno	4.11.2015	11.11.2015	27.4.2016	7	174
17	Pravé koleno	8.11.2015	18.11.2015	28.4.2016	10	171
18	Levé koleno	15.11.2015	-	-	-	-
19	Levá kyčel	18.11.2015	24.11.2015	-	6	-
20	Levé koleno	18.11.2015	-	-	-	-

Obrázek 23: Seznam pacientů

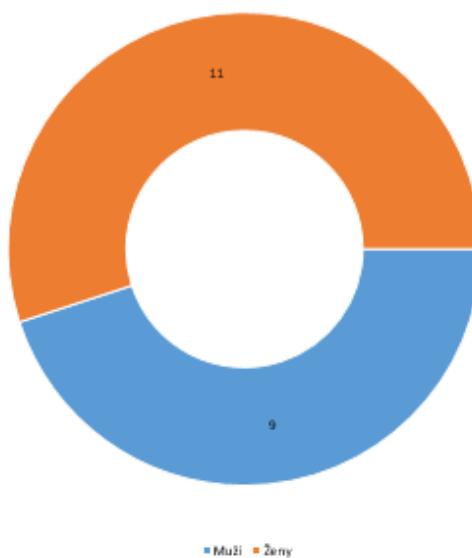
Rozhodl jsem se nad vybranou množinou pacientů (kteří začali na začátku) udělat několik statistických závěrů, výsledky můžete vidět níže.

### Rozmezí roku narození pacientů



Obrázek 24: Rok narození pacientů

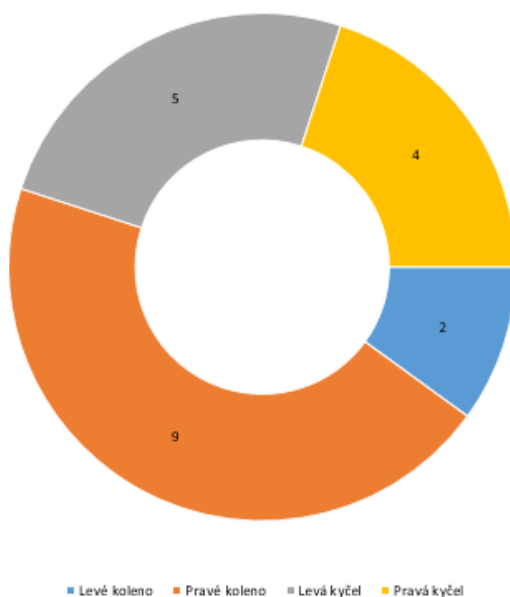
### Podíl pacientů a pacientek



Obrázek 25: Podíl pacientů a pacientek

Z grafů na obrázcích (24, 25, 26) lze vyčíst, že v dané množině pacientů převažují ženy nad muži, nejčastěji jsou pacienti narození v rozmezí let 1946-1950 a nejvíce je vyměňován pravý

## Operační zákrok



Obrázek 26: Operační zákrok

kolenní kloub. Nejstarším účastníkem sběru dat je pacientka narozena v roce 1938 a nejmladším je pacient narozen v roce 1966. Průměrný věk této množiny je pak 65,5 let.

Z těchto statistických dat můžeme vydedukovat, že nejčastěji je potřeba „opravit“ klouby u lidí po 60 roce života. Bohužel se jedná jen o malou část populace, nad kterou byl prováděn výzkum, není tedy možné v globálním měřítku tvrdit, že lidé nad 60 let potřebují endoskopické náhrady kloubů.

### 4.3 Natáčení

Rozhodli jsme se, že budeme natáčet chůzi pacientů před operací, před propuštěním domů a při následné kontrole (pacienti se vrací z lázní nebo cca 6 týdnů). Každý pacient byl seznámen s obsahem výzkumu a účastnili se dobrovolně. Při seznamování s obsahem byli vyzváni k podepsání závazného dokumentu, který umožňuje zpracování údajů a natočených dat v rámci této diplomové práce a souhlas se zveřejněním výsledků a jejich prezentaci. Dokumenty jsou k nahlédnutí na přiloženém CD.

První natáčení probíhalo v den přijetí pacienta na oddělení ortopedie pro přípravu na operaci následující den. Při prvním natáčení se pacienti mohli rozhodnout, zda využijí při chůzi berle jako opěrného prostředku, nebo zda se budou přichytávat stěn (madel kolem stěn), anebo se projdou „jen“ tak.

Při druhém natáčení – většinou den před propuštěním (10/12 den, pokud nejsou komplikace, nebo nejdou na rehabilitaci v rámci hospitalizace, ta potom trvá 14 až 21 dní) už musí mít



pacienti berle a operovanou nohu nesmí příliš zatěžovat (max. 20%) a bez berlí nesmí vůbec chodit.

Třetí natáčení už je opět v plné režii pacientů, mohou si zvolit, zda využijí berle, či nikoliv. Třetí natáčení probíhá při ambulantní kontrole, kde probíhá kontrola na rentgenu a následné prohlídce u lékaře, nebo u pacientů doma.

Natáčení probíhalo v prostorách Karvinské hornické nemocnici na oddělení ortopedie, nebo na oddělení rehabilitace. Točilo se to na chodbě, kde pacienti chodily ve vyznačeném kruhu (2,5mx2,5m) a to po směru hodinových ručiček a proti směru hodinových ručiček.



Obrázek 27: Pohled na chodbu při vstupu na oddělení



Obrázek 28: Pohled na “pracoviště”

Při natáčení jsem narazil na problém s nepřesností detekce spodní částí noh – kotníku. Bylo to u pacientů, kteří měli tzv. noční košile, či dlouhý župan. Většinou to byl problém u žen, ale

protože přesná detekce kotníku nebyla cílem tohoto výzkumu, neřešili jsme to. Také u otáčení pacientu chvíli trvá, než Kinect správně vyhodnotí umístění na těle, v další analýze budeme zjišťovat, zda to nebude způsobovat nějaké problémy pro vyhodnocování výsledků.

Natočený materiál byl natáčen pomocí nástroje Kinect studio v2 a natočené data jsou ve formátu .xef, soubory obsahují veškeré zachycené data z natáčení. Dvouminutový záznam má přibližně 8 GB.

#### 4.4 Zpracování natočeného materiálu

Zde jsme vydali několika směry. Jedním je vizuální analýza chůze a to tak, že natočenou chůzi pacienta vizualizujeme v UNITY5. Lze zde pozorovat chování kloubů při chůzi. Dalším směrem bylo analyzování úhlu svírání „kostí“ při chůzi. A to u kolenního kloubu kde sledujeme úhel sevření holení a stehenní kosti a u kyčelního kloubu sledujeme úhel sevření stehenní kosti vůči páteři.

#### 4.5 Vizualizace v UNITY5

Využití Kinect SDK pro zachytávání datového proudu ze senzoru a jejich převodu do vizuální podoby. Při vizualizaci získaných dat jsem narazil na problém zobrazení více než jedné chůze, tento problém byl sice řešitelný, ale s tím spojené problémy ne. Bylo zjištěno, že pro průkazné porovnávání by musel pacient vždy začít chůzi ze stejného místa, stejnou nohou, stejnou rychlostí a pohybovat se stejnou „křivkou“ - stejnou trasu.

Bylo by sice možné chůzi softwarově „upravit“, aby to sedělo, ale po konzultacích s vedoucím práce jsem se rozhodl vývoj této metody zaříznout. Stávající stav metody je stále k dispozici a slouží k vizualizaci chůze ve 3D, kde lze sledovat, jak se sledované klouby chovají při chůzi.

Zkušené oko ortopeda vidí na první pohled, zda došlo k nějaké změně. Ať už ke zlepšení/zhoršení, nebo ke stagnaci. . . Proto bych tuto metodu zařadil do metod „pozorovacích“, kde výsledkem není hmatatelný důkaz o změně. Více k tomuto tématu se věnuji v kapitole zabývající se moduly implementovanými v programu.

## 5 Praktická část – Návrh metod a analýza

Veškeré navržené metody byly implementovány na platformě .NET s použitím jazyka C# a dále pro vizualizaci natočeného materiálu bylo využito UNITY5.

### 5.1 Knihovny třetích stran

Některé části programu využívají volně šiřitelné knihovny třetích stran, ale občas je využita neveřejná knihovna – zejména u vizualizace pomocí UNITY5. Aplikace je ale postavená z větší části na opensource knihovnách.

### 5.2 Návrh metod analýzy

Body zájmu

- Levé koleno
- Pravé koleno
- Levá kyčel
- Pravá kyčel
- Páteř



Obrázek 29: Body zájmu

Kotníky kvůli nepřesnosti nebyly brány v potaz při analýze, složí jenom k získání vektoru holenní kosti. Taktéž ostatní body nejsou potřeba pro zamýšlené metody analýzy změn, proto byly při detekci tyto body záměrně vypuštěny.

### 5.2.1 Vizualizace chůzí – po konzultacích se dále nerozvíjelo, zůstalo u samostatné chůze

Při návrhu metody jsem vycházel z využití získaných záznamů chůzí puštěných “přes sebe”. Následně by se takto puštěné chůze vizualizovali pomocí UNITY5 a bylo by tak možné sledovat změny mezi jednotlivými zaznamenanými chůzemi.

Bohužel, při realizaci tohoto nápadu jsem narazil na pár neřešitelných problémů. Např. jednotlivé by museli začínat na stejném místě, muselo by se začínat stejnou nohou, dodržovat stejnou cestu (což byl zní jednoduše, ale bohužel to pacienti nechápali a chodili jak se jim líbilo), dodržovat stejnou rychlost chůze, atd. ...

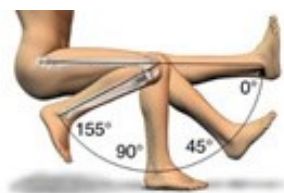
Některé výše uvedené problémy jsou řešitelné pomocí softwarových nástrojů, ale po konzultacích jsem tuto metodu zavrhnul a energii jsem věnoval jinde.

Dalším důvodem zavrnutí bylo (nevěnoval jsem tomu tolik času na řešení) nemožnost simulace tří spuštěných Kinectů (každý by přehrával záznam) a interpretaci získaných dat do UNITY5. Také tady by se dalo opustit simulací Kinectů a záznamy převést do jiné datové podoby a vizualizovat tak tři chůze současně.

### 5.2.2 Minimální a maximální úhel – koleno a kyčel

Při analýze chůze a zaznamenávání údajů o chůzi se evidují úhly, které svírají kosti na sledovaných kloubech. Proto mě napadla metoda, která prokáže, že po operaci se maximální a minimální úhel může změnit. Aplikoval jsem tedy tuto metodu na data a bylo zjištěno, že tomu opravdu tak je. Je to dáno tím, že při chůzi s poškozeným, či jinak deformovaným kloubem dochází k „omezení“ hybnosti a tak i k menším úhlům, které lze mezi danými kostmi daného kloubu pozorovat.

Po operacích lze u všech sledovat zlepšení, je to dáno hlavně tím, že pacienti jsou propuštěni, až po dosažení určitého stupně rehabilitace a sleduje se úhel sevření kostí operovaného kloubu.



Obrázek 30: Minimální a maximální úhel – koleno

### 5.2.3 Úhly při chůzi – vizuálně

Zde je možnost využít pozůstatek první, zavrhnuté metody. Vizualizovat zaznamenanou chůzi pomocí UNITY5. Vizualizace chůze může pak doktorovi, či terapeutovi prozradit, jak se daný kloub chová a navrhnout tak nejvhodnější rehabilitaci či léčbu.

Tato metoda se řadí mezi nehmotné, tudíž není zde žádný výstup pro další analýzu. Detailněji se této metodě věnuji v implantační a hodnotící části této práce.

#### 5.2.4 Úhly při chůzi – analýza pomocí grafů

Při navržení předchozí metody pro minimální a maximální úhel jsem přišel na další metodu, kde by se využily informace o úhlech. Jedná se o záznam všech úhlů svírajících kosti dolních končetin a jejich promítnutí do grafu pro porovnávání. Výsledné grafy obsahují záznam toho, jak se měnily úhly při chůzi v čase a lze z nich vidět periodicky se opakující křivky. Grafy jsou vytvářeny pro každý kloub zvlášť a jsou v nich zaneseny všechny chůze, které patří určitému pacientu.

V grafech lze vidět, že po operaci se vyskytují určité „výchyly“ a to většinou na neoperovaném kloubu, je to z důvodu, že tělo není zvyklé na správnou anatomickou funkci kloubu a teprve se „učí“ správně fungovat. Tím se taky vysvětluje časté pozorování, že většinou po určitém čase je potřeba vyměnit i druhý kloub, z důvodu „jiného“ používání, než na který byl zvyklý. . .

Grafy jasně prokazují, že opravdu po operaci se mění průběh chůze pacienta, klouby mají mnohem větší ohebnost, než při chůzi před operací. Detailněji se této metodě věnuji v implantační a hodnotící části této práce.

#### 5.2.5 Úhly při chůzi – Fourierova analýza

Nad daty, ze kterých se vykreslují grafy jsem provedl Fourierovu analýzu, ze které by mělo být vidět, že po operaci je dosaženo větší ohebnosti, než tomu bylo před operací. K této metodě jsem přistoupil po konzultaci s vyučujícím v předmětu Analýza obrazu. Důvodem výběru této metody je fakt, že je zde více proměnných fyzikálních veličin. A to, různá rychlost a čas zaznamenané chůze a také délka se liší.

Vztah mezi časovou a frekvenční oblastí je popsán pomocí Fourierovy transformace (FT), při které se signál vyjádří jako lineární dekompozice harmonických průběhů. Protože však pracujeme se vzorkovaným signálem, používáme diskrétní Fourierovu transformaci (DFT). Zrychlení výpočtů nám přinášejí efektivní algoritmy výpočtu DFT, které nazýváme rychlou Fourierovou transformací (FFT). Podmínkou pro použití FFT je, že počet vzorků zpracovávaného signálu  $N$  musí být mocninou dvou.

Funkce FFT vrací hodnoty dvoustranného komplexního spektra, které musíme podělit počtem vzorků  $N$ , abychom získali správné hodnoty. Detailněji se této metodě věnuji v implantační a hodnotící části této práce.



## 6 Praktická část – Program a zpracování databáze

### 6.1 Vývoj programu

Při psaní bakalářské práce a při vývoji programu pro tuto práci jsem šel cestou implementace všeho do jednoho programu. Takto stavěný program měl ale spoustu nevýhod. Ne jenomže kompilace trvala dlouho, ale i spouštění bylo zdoluhavé. Dále, veškeré změny v programu se promítali do všech jeho funkcí a ovlivňovali tak již odladěnou funkčnost. Nechtěl jsem vkročit znova do těchto vod, a proto jsem se dal cestou modulárního programu.

Hlavní program, který obsahuje veškeré potřebné funkce pro správu databáze pacientů a má přístup k zdrojovým datům pro zpracování a analýzu, jsem označil jako "menu". Funkce pro zpracování dat a analýzu volají "moduly", které jsou ve skutečnosti samostatné programy, které fungují nezávisle na jiných modulech, či "menu". Z menu se informace předávají přes konfigurační soubor (id.fox), kde si volaný modul vezme ty údaje, které potřebuje. Návaznost operací je zajištěna přes tento konfigurační soubor.

### 6.2 Správa databáze

Veškeré informace o pacientech, seznam jejich natočených chůzí jsou umístěné v XML databázi. Tuto databázi lze spravovat pouze z "menu", lze přidat, nebo editovat. Také je možné přiřadit soubor se záznamem chůze, či smazat informace o chůzi. Vybral jsem si XML formát proto, že pro tuto aplikaci není třeba spravovat rozsáhlejší databázový systém a veškeré operace nad XML soubory jsou dostačující. V případném globálním nasazení aplikace by již bylo vhodné vytvořit databázový systém, hlavně kvůli možnosti sdílení dat po celém světě.

### 6.3 Architektura aplikace

Aplikace je složena z několika oddělených modulů, které dokážou nezávisle (některé) na sobě pracovat. Komunikaci mezi moduly zastřešuje Hlavní modul, který předává instrukce mezi moduly pomocí souboru.

Jednotlivé moduly

- Hlavní modul – zastřešuje všechny moduly, obsahuje XML databázi a rozhraní pro práci s moduly, Fourierovu analýzu dat a generátor výsledků
- Kinect Player – modul pro virtuální připojení zařízení Kinect, zpracovává .xef soubory a emuluje tak "reálný" přenos datových proudů z tohoto zařízení.
- Kinect Analyzer – modul pro získávání potřebných informací, vytváří soubory pro analýzu obsahující informace o chůzi
- Kinect Record – modul sloužící pro vytvoření nového záznamu chůze

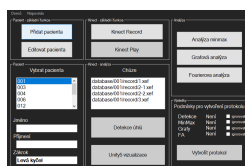
- Graphs – modul pro vizualizaci získaných dat do grafů
- Visualization – modul s UNITY5, který převádí data z Kinect Player do virtuálního prostředí

Detailněji jsou moduly popsány dále v této práci.

## 6.4 Grafické rozhraní

Mezi nejdůležitější elementy každé aplikace patří GUI. Musí být srozumitelné a jednoduché pro použití uživatelem. Uživatel by měl být schopen se zcela intuitivně orientovat v aplikaci a ovládat tuto aplikaci zcela přirozenou cestou. Na spouštěné funkce by měl dostat skutečně to, co daná funkce popisuje.

Proto jsem si při návrhu GUI této aplikace inspiroval u různých aplikací a vybral jsem takové rozvržení ovládacích prvků, aby uživatel nemusel nic složitě dohledávat. Na obrázku níže můžete vidět zmenšený snímek grafického rozhraní z Hlavního menu aplikace pro ukázkou barevné volby, na dalším obrázku je zase vidět barevná volba u modulů. Zvolil jsem následující barvy podle toho, jak “ladili” mému oku – hlavní menu jsem obalil do tmavé barvy, v ostatních modulech dominuje světlá barva.



Obrázek 31: Hlavní modul



Obrázek 32: Vedlejší moduly

## 6.5 Moduly

V následujících kapitolách se budu dopodrobna zabývat funkcí každého modulu zvlášť, popíšu tedy jen základní informace. Každý modul je vyvíjen nezávisle na jiném modulu, některé moduly ale využívají funkčnost jiného modulu pro svou práci. Informace, jak už jsem psal, jsou předávány souborem, soubor jsem nazval id.fox.

V nynější verzi se tyto soubory, ani jiné data nešifrují. Pokud by někdy došlo k reálnému nasazení, bylo by nutné data šifrovat (ochrana osobních údajů). Modul obsahuje funkce potřebné

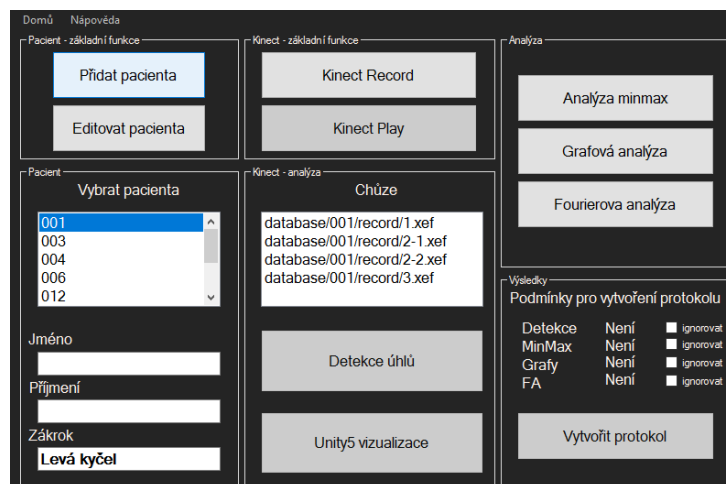


k přehrání, analýze a diagnostice a výstupem těchto modulů jsou soubory s daty pro další analýzu, či vizualizaci.

### 6.5.1 Hlavní modul

Hlavní modul slouží jako hlavní interakční nástroj mezi moduly a uživatelem. Zobrazí se po spuštění aplikace a obsahuje veškeré možné akce, které jsou součástí této práce.

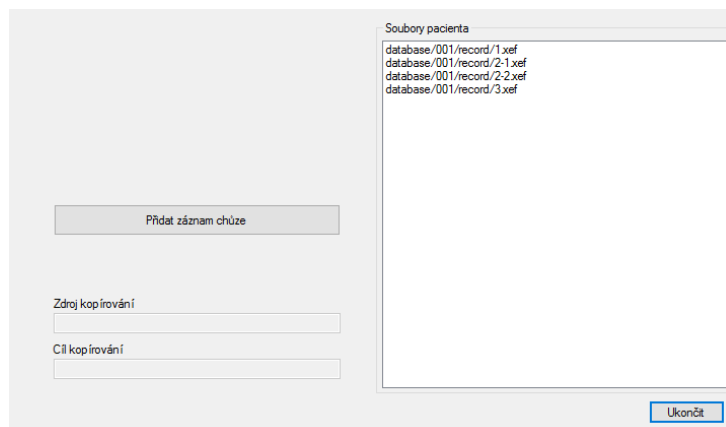
Od správy databáze s pacienty, spravování databáze chůzí daného pacienta, přes analýzu záznamů po získání výsledku z analyzačních metod a následné generování uceleného výsledku. Aplikace po “kliknutí” na určitá tlačítka, spouští aplikační moduly pomocí nových procesů. Po ukončení hlavní aplikace dojde k násilnému ukončení všech spuštěných procesů.



Obrázek 33: Hlavní menu

Obrázek 34: Hlavní menu - nový pacient

Obrázek 35: Hlavní menu - editace



Obrázek 36: Hlavní menu - správa chůzí

Do hlavního modulu jsem zařadil také Fourierovu analýzu, vedl mě k tomu fakt, že oproti jiným modulům jsem tuto analyzační metodu naprogramoval ve Windows Forms a ne ve WPF. Proto jsem tuto funkcionalitu zařadil do hlavního modulu a data jsou předávány přímo volanému formuláři pomocí parametrů.

### 6.5.2 Hlavní modu - Fourierova analýza

Fourierova analýza umožnila stabilizaci osy x v grafech, osa x surových dat byla závislá na čase a rychlosti snímané chůze a nešlo tak jednoduše říci, že došlo ke změně. Surová data měla dynamické obě osy

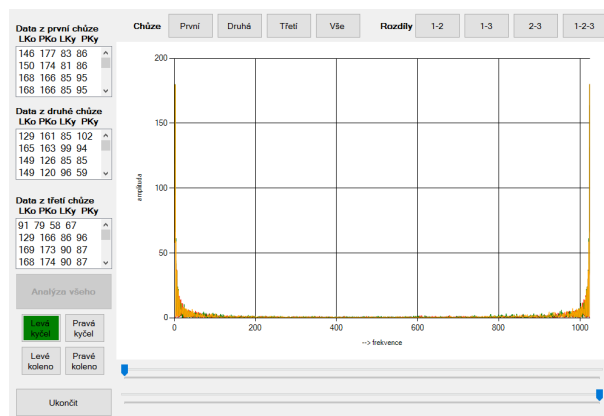
Tato vlastnost FT tedy umožnila vizualizací dat v grafech a snadnému porovnání mezi jednotlivými chůzemi. Lze tedy prohlásit, na základě těchto dat, opravdu dochází k anatomickým změnám po operaci a následné rehabilitaci. V následujících snímcích je ukázka práce a výsledků.

Práci s daty a zpracování dat (analyseData) je popsána v programátorské dokumentaci, kde je ukázka kódu využívaného v programu. V neposlední řadě se následující funkce updateChart() stará o vykreslení, či překreslení grafů a úpravu její osy x pro přiblížení detailů - kód opět k vidění v programátorské dokumentaci..

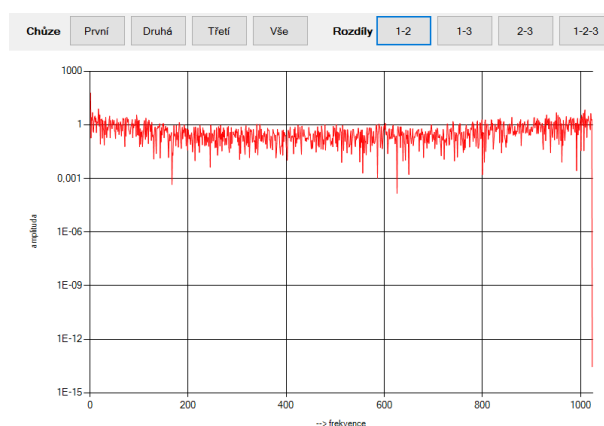
### 6.5.3 Kinect Player

Modul Kinect Player vznikl z potřeby přehrávat záznamy v .xef formátu a tyto záznamy následně analyzovat.

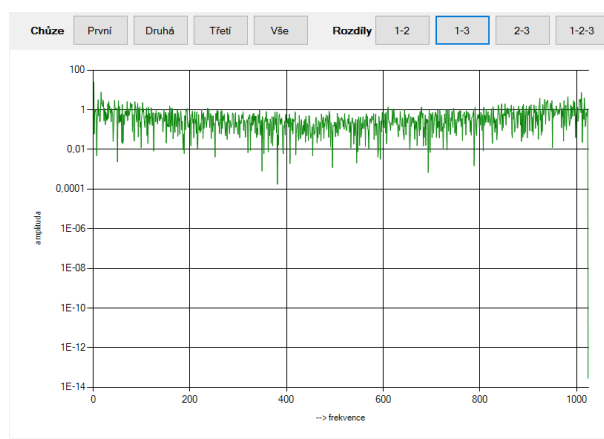
Bylo možné využít oficiální aplikaci ze SDK Kinect, ale měla řadu nevýhod. Např. spouštění trvalo na dnešní dobu dost dlouho (řádově minuty), obsahovala nepotřebnou funkcionalitu, složité ovládání, a neúměrné využívání hardwarových prostředků. Po spuštění aplikace využívala RAM paměť počítače tohoto programu více než 1 GB a CPU také zašlo pracovat na plné obrátky. A bez externího napájení (notebook) se aplikace sekala a nereagovala korektně (dokonce docházelo k modré smrti). Po započtení přehrávání tyto hodnoty ještě vzrostly.



Obrázek 37: FA vše

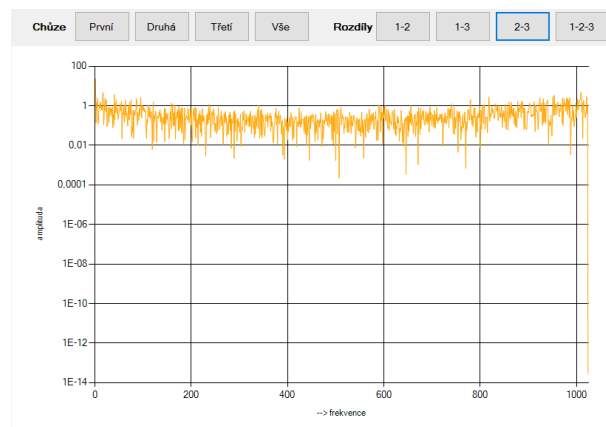


Obrázek 38: FA 1-2

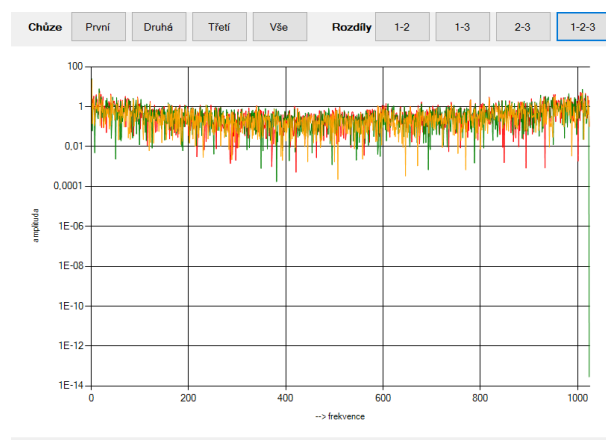


Obrázek 39: FA 1-3

Provedl jsem tedy průzkum, zda by nešla tato aplikace nějak nahradit. A našel jsem možnost přímo v SDK Kinect. Využití těchto knihoven Microsoft.Kinect.dll a Microsoft.Kinect.Tools.dll. Tyto knihovny se linkují v záhlaví programu, tyto knihovny obsahují nástroje pro práci s



Obrázek 40: FA 2-3



Obrázek 41: FA 1-2-3

datovými proudy za zařízení Kinect. Následně lze pomocí této syntaxe přehrát .xef záznam a “simulovat” tak připojený Kinect k počítači. Dokonce při spuštění oficiální aplikace lze pozorovat, že lze takto simulovaný připojený Kinect opět nahrávat.

Výsledný modul má tento vzhled. Obsahuje čtyři vizualizační “okýnka”, kde v prvním okýnku je výstup z HD kamery, v druhém je výstup z hloubkové kamery, v třetím je vidět konturu sledované osoby a v posledním okýnku lze vidět detekované body na kontuře sledované osoby odpovídající sledovaným kloubům a místům na těle. Modul má ve spodní části tlačítko “Spustit” a to slouží k restartování přehrávání záznamu chůze po skončení přehrávání – konec záznamu. Lze tento záznam iterovat donekonečna.

Tento modul tedy dokáže simulovat připojený Kinect a streamovat tak datové proudy ze senzorů v “reálném” čase. Tento modul je využíván jinými moduly pro tuto vlastnost simulace.

Zajímavostí je, že po spuštění tohoto modulu dojde k využití RAM jen minimálně, okolo 70 MB a CPU není taky tak “žhavé” do počítání, dokonce bez připojeného externího napájení lze přehrávat záznamy bez značného sekání. Nezkoušel jsem využít tento modul na počítači nesplňující minimální požadavky pro využití Kinectu, které zmiňuji v kapitole věnující se tomuto



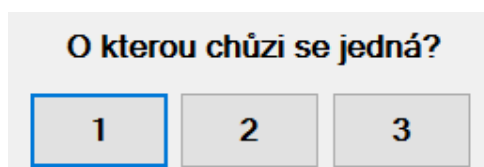
Obrázek 42: Kinect Player

senzoru, ale předpokládám, že toto omezení nebude bráno v potaz a aplikace bude fungovat korektně.

#### 6.5.4 Kinect Analyzer

Modul Kinect Analyzer slouží k získání úhlů vyskytující se mezi dvěma “kostmi” na zvolených kloubech. Sleduje se zde minimální a maximální úhel, který svírají kosti během celé chůze a zaznamenávají se také veškeré úhly, vyskytující při celé zaznamenané chůzi. Tedy pokud došlo ke správné detekci všech aspektů vyžadujících pro výpočet úhlu na daném kloubu.

Narazili jsme při konzultaci s doktorem, že vypočtené úhly kyčelního kloubu mají anatomickou výchylku, při pátrání příčin jsme přišli, že úhel je spočten mezi páteří a stehenní kostí, ale anatomicky není stehenní kost přímo spojená s páteří, tuto výchylku by bylo možné eliminovat nasnímáním chůze pomocí Kinectu a zároveň např. mechanickým snímáním, poté při porovnání by se dal určit kvocient, který by bylo možné aplikovat na všechny chůze. Ale, po domluvě a cíli této práce se tato výchylka nebrala v potaz, i z těchto údajů lze vypožorovat změny a hlavně rozsah, který by v případě započtení výchylky zůstal stejný.

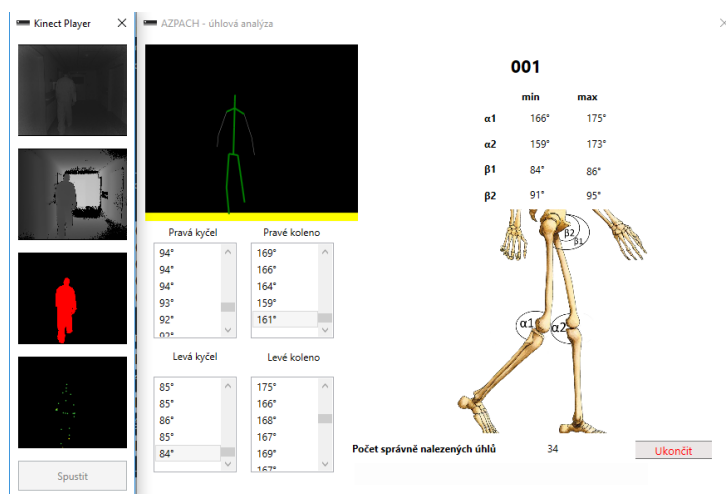


Obrázek 43: Analyzer - volba chůze

Tento modul využívá modul Kinect Player a analyzuje tak data ze simulovaného Kinectu. Pro uložení dat je vyžadováno 1024 správně rozpoznaných úhlů, při předčasném ukončení je počet správně detekovaných úhlů sice také uložen, ale následné analýzy nebudou spolehlivé.

Správnost úhlu je určena současnou detekcí všech sledovaných úhlů, při natáčení docházelo k otáčení sledovaných osob, nebo odešli mimo záběr, či se různě opírali. Ale také docházelo k “podvádění”, kde se snažili chodit nepřírozeně (hlavně pacientky, aby lépe vypadali na záznamu), dále bylo zde při druhém natáčení problémem, že jak muži, tak ženy měli “noční” košile, které byly až ke kotníkům a při chůzi používali berle, které občas znehodnotily záznam.

Správnost detekce je vidět ve vrchní části aplikace, kde správnost je zobrazena jako zelené “kosti” (holenní kosti, stehenní kosti a páteř). Nesprávnost je zobrazena pomocí “bílých vektorů” spojující body, které odpovídají sledovaným kloubům. Dále je zde zobrazeno přílišné přiblížení k hraně záznamu, kde dochází k nežádoucím zkreslením snímaných dat (označením dotčení hrany žlutým obdélníkem přes celou hranu).



Obrázek 44: Analyzer

Na obrázku je vidět rozložení prvků při spuštění. Úplně vlevo je vidět samostatný modul Kinect Player pro simulaci připojení Kinectu. Rozložení je následující, v horní části vlevo je “okýnko” detekce správnosti úhlů, dole pod okýnkem jsou tabulky pro jednotlivé klouby, které obsahují správně detekované úhly.

V pravo nahoře je vidět pod ID pacienta minimální a maximální úhel, který odpovídá celé zaznamenané chůzi. A pod minimálním a maximálním úhlem je vizualizace vysvětlující, kde je zobrazený úhel sledován.

Úplně dole je počítadlo detekovaných správných úhlů, v případě že počet je menší než 1024 je tlačítko Ukončit červené, v případě, kdy je číslo 1024 tak jsou data připravena pro analýzu.

Toto číslo je vhodné pro analýzu pomocí FT. Proto v případě krátkého záznamu je možné chůzi pomocí tlačítka Spustit u modulu Kinect Player restartovat chůzi ze záznamu a zaznamenat tak další data – teoreticky se vytvoří opakující se řada úhlů, ale prakticky může dojít k “jiné” detekci, protože algoritmus detekce je vždy nad záznamem spuštěn znova – toto chování jsem určil pozorováním, kde po spuštění detekce dochází k jinému počtu celkově správně rozpoznávaných úhlů ( $455 * 2$  by mělo být ve výsledku 910, ale celkový počet zaznamenaných úhlů byl 932). Po

ověření tohoto pozorování jsem zjistil, že k tomuto chování dojde pouze při opakované detekci - první detekce je vždy stejná.

Ukázka definování bodů pro detekci je na následujícím obrázku, výpočet úhlu mezi dvěma vektory a uložení dat lze vidět v programátorské dokumentaci.

Data získaná tímto modulem jsou dále zpracovávána dalšími moduly. Tento modul je tedy stavebním prvkem celého programu a vykonává nejdůležitější funkci.

Do budoucna je možné rozšířit tento modul ještě o detekci pohybu kloubu v rámci své rotační osy, ale této implementaci jsem se nevěnoval. Toto rozšíření bylo navrhnuté konzultantem získaných dat, bohužel už v době, kdy do dokončení zbývalo již málo času (Martin Mokrejš, IT4Innovations).

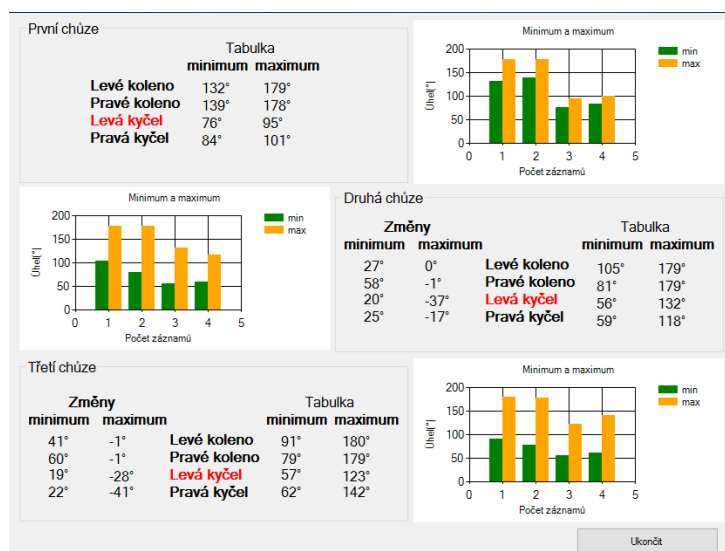
Teoreticky tak byla navržena další metoda prokazatelnosti anatomických změn po operaci a rehabilitaci.

### 6.5.5 Graphs

Tento modul slouží k prezentaci získaných dat a jejich analýze. Modul se skládá ze dvou částí. První část se stará o prezentaci dat o minimálním a maximálním úhlu při chůzích. Druhá část se stará o prezentaci všech úhlových dat po celou dobu chůze.

#### Část minimálních a maximálních úhlů

Tato část zpracovává metodu minimálních a maximálních úhlů. Zobrazuje tabulky naměřených dat všech chůzí, rozdílů mezi první a druhou chůzí a první a třetí chůzí. Každé chůzi je věnována třetina obrazovky. V každé třetině je vidět graf pro každý sledovaný kloub, tabulka dat pro každý sledovaný kloub a v případě druhé a třetí třetiny (tedy druhé a třetí chůze) je také vidět, jak se změnili úhly na sledovaných kloubech.

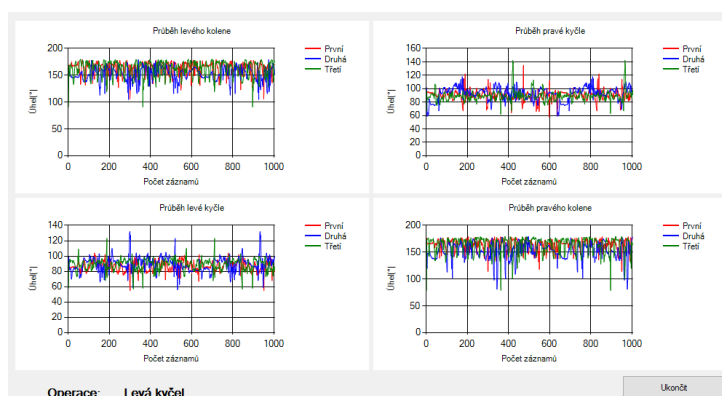


Obrázek 45: Metoda minmax

## Část všech úhlových dat

Tato část se stará o vizualizaci všech získaných úhlů po celou dobu chůze, lze mezi jednotlivými chůzemi přepínat, přibližovat, zaměřit se jen na daný kloub a další funkcionality. Ukázku můžete vidět níže

Ukázka kódu využívaného pro vizualizaci dat a práci s daty je vidět v programátorské dokumentaci.



Obrázek 46: Všechny chůze



Obrázek 47: Přiblížení

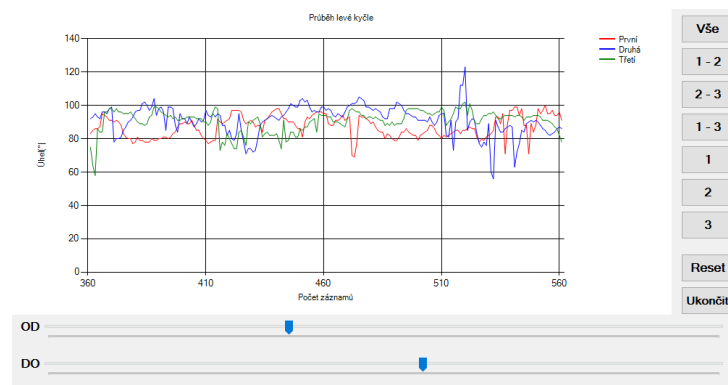
### 6.5.6 Vizualization

Modul pro vizualizaci je pozůstatkem pro první navrhované metodě. Využívá Kinect Player pro emulaci připojeného Kinectu a následně převádí získaná data ze zařízení do virtuálního prostoru.

Pro využití virtuálních brýlí pro zobrazení chůze ve virtuální realitě by bylo potřeba využít jiné vizualizační knihovny v programu UNITY5 a bylo by potřeba pořídit další hardware – brýle a počítač s vhodnou hardwarovým vybavením, či vysílat obraz do mobilu a využít virtuální brýle pro mobil.

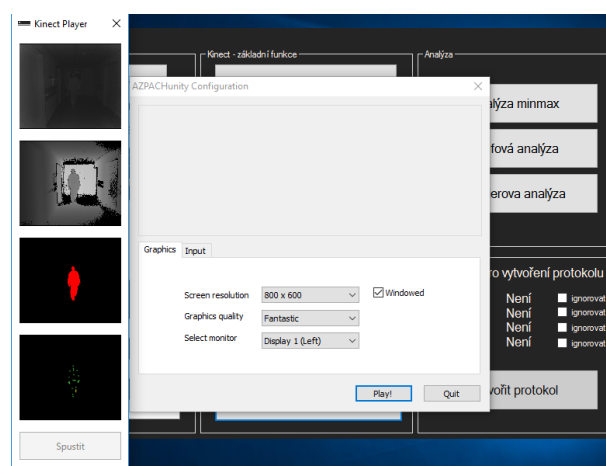
Zvolil jsem ale vizualizaci dat pouze na monitoru počítače, využil jsem k tomu nástroje pro tvorbu her v UNITY5. K tomuto řešení jsem přistoupil s důvodu upuštění od první navrhované



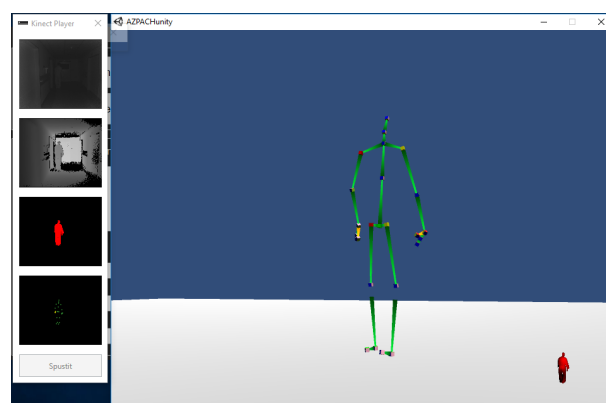


Obrázek 48: Přiblížení - detail

metody jsem nechtěl ztrácet čas vývojem této vizualizace. Ukázky vzhledu, práce, vizualizace a implementaci lze vidět níže



Obrázek 49: UNITY5

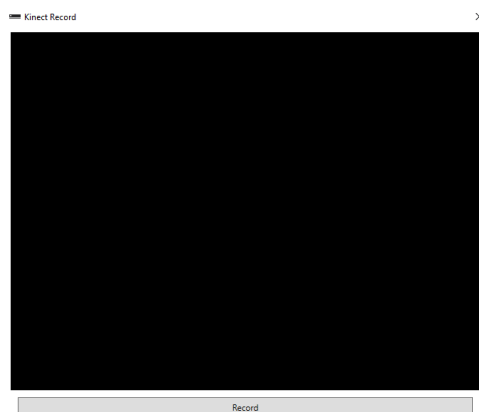


Obrázek 50: UNITY5 - detail

### 6.5.7 Kinect Record

Modul Kinect Record vznikl z potřeby nahrávat záznamy v .xef formátu a tyto záznamy následně analyzovat. Bylo možné využít oficiální aplikaci z SDK Kinect, viz. Kapitola o Kinect Player.

Ukázka vzhledu modulu je na obrázku níže



Obrázek 51: Kinect Record

## 6.6 Generování protokolů

Tato možnost se odemyká po splnění všech prekvizit v hlavním menu – lze ale některé kroky ručně ignorovat. Po spuštění této akce dojde k ucelení získaných dat, grafů a výstupů jednotlivých metod a vytvoření protokolů s těmito daty. Protokol se generuje v pdf formátu a je k vidění na přiloženém CD v databázi u každého pacienta.

## 7 Praktická část – Výsledky dosažených experimentů a závěr

### 7.1 Výsledky dosažených experimentů

Po provedení všech analýz a vygenerování protokolů lze analyzovat prezentované data a potvrdit, či vyvrátit pozitivní změny po operaci a rehabilitaci.

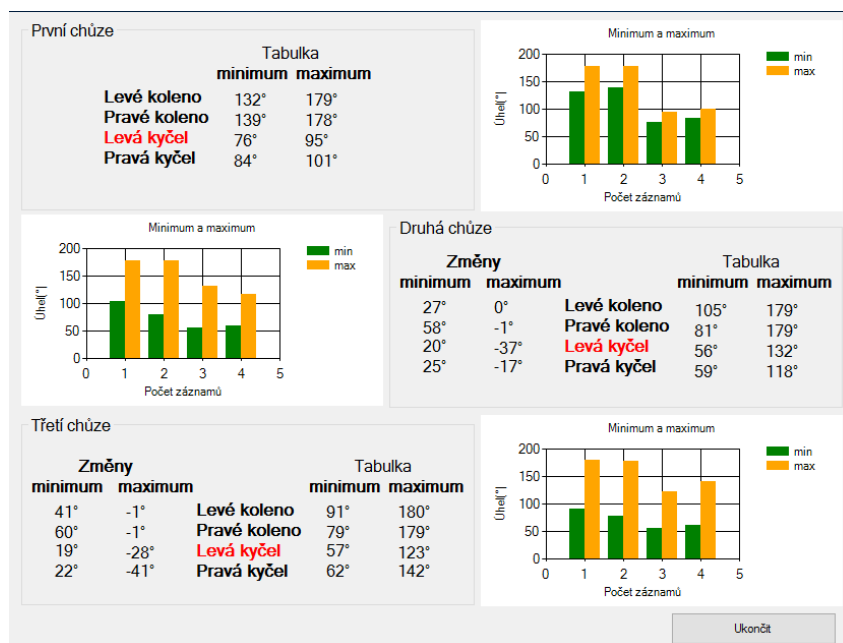
Tyto výsledky je možné použít k diagnostice stavů jednotlivých kloubů, navrhnout případné rehabilitační změny, či doporučit použití opěrných prostředků (berle, ...).

V následujících odstavcích ukáží případné zhodnocení výsledků z protokolu, protokoly se nachází na přiloženém CD v databázi u pacientů - nebo se dají vygenerovat a otevřít z hlavního menu.

#### 7.1.1 Analýza získaných dat - rozbor

**Pacient:** 001 **Operace:** Levá kyčel

**Analýza minimálních a maximálních úhlů**



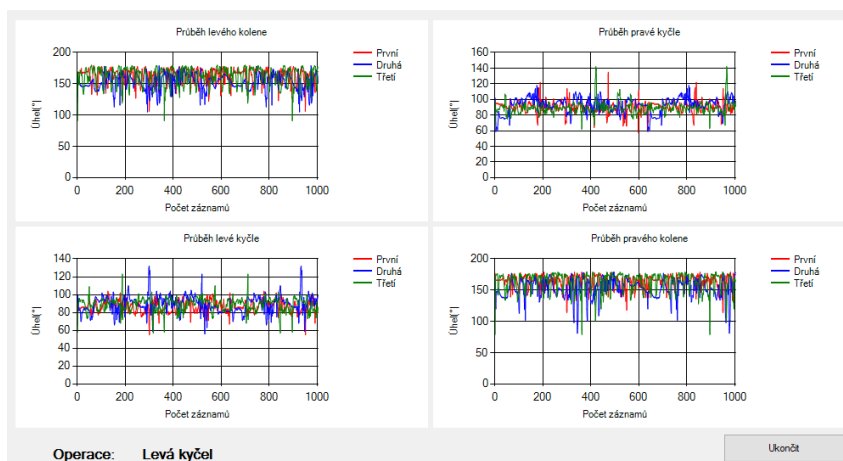
Obrázek 52: Analýza minimálních a maximálních úhlů

Při pohledu na tuto analýzu zjistíme jakých minimálních a maximálních úhlů bylo dosaženo při analýze chůze. Jako konstantu pro porovnání výsledků všech chůzí jsem stanovil data z první chůze – tedy výchozí stav.

Stav pro operovanou levou kyčel tedy je tedy minimum 76 stupňů a maximum je 95 stupňů a u druhého kloubu je to 84 stupňů a 101 stupňů. Při porovnání s daty z druhé chůze, kde levá kyčel dosahuje minimálního úhlu 56 stupňů a maximálního úhlu 132 stupňů a pravá kyčel dosahuje 59 stupňů a 118 stupňů, vidíme znatelný rozdíl. Oba dva klouby dosahují vyšší ohebnosti způsobené

anatomickou změnou při chůzi, tedy výměna levého kyčelního kloubu má znatelný vliv a i neoperovaný kloub, dochází tak ke stabilizaci chůze. Při pohledu na data z třetí chůze, kde levá kyčel dosahuje minimálního úhlu 57 stupňů a maximálního úhlu 123 stupňů a pravá kyčel dosahuje minimálního úhlu 62 stupňů a maximálního 142 stupňů, při porovnání s první chůzi opět můžeme vidět znatelné změny při chůzi. Při porovnání dat z druhé a třetí chůze můžeme pozorovat mírnému zakolísání změn – předpokládám, že je to způsobeno rehabilitací a uplynulou dobou, kde operovaný kloub je již pod plnou zátěží při chůzi.

### Druhá analýza pomocí grafů



Obrázek 53: Analýza úhlů

Při pohledu na veškeré zaznamenané data při všech chůzích, kde červená barva označuje první chůzi, modrá označuje druhou chůzi a zelená třetí chůzi, lze na první pohled vidět, že druhá chůze má značné abnormality oproti ostatním chůzím.

Předpokládám, že je to způsobeno odlehčováním operované strany a nadměrné zátěže druhé, neoperované strany. Dále to může znamenat, že pacient si teprve zvyká na změnu a snaží se přizpůsobit novým možnostem. Dalším aspektem může být bolest operovaného kloubu, který se hojí po operaci.

Při bližším pohledu (zoom) lze vidět, že třetí (zelená) chůze je stabilnější – nemá tak roztrhaný průběh, je tedy podobná první chůzi a usuzuji tak, že chůze je stabilnější a zároveň je dosaženo větší ohebnosti sledovaného kloubu.

Krok pacienta lze rozpoznat z křivky průběhu (velký úhel -> malý úhel), neboli flexi a extensi. Při detailnější pohledu – změny rozsahu osy x.

Vidíme abnormální průběh druhé chůze, a snadněji můžeme porovnat průběhy jednotlivých chůzí.

### Analýza pomocí Fourierovy analýzy

Tato analýza umožňuje stabilizaci dynamické osy x a určí nám tak zřetelněji při porovnání jednotlivých změn.



Obrázek 54: Analýza úhlů - detail



Obrázek 55: Analýza úhlů - přiblížení

Červená barva nám označuje analýzu první chůze, zelená označuje analýzu druhé chůze a oranžová jsou analyzovaná data třetí chůze. Vidíme tedy že „barevné“ špičky jednotlivých průběhů se plně nepřekrývají.

Při detailnějším pohledu vidíme, že druhá chůze oproti první dosahuje většinou výšky než první chůze, u třetí lze vidět stabilizaci, která u druhé chůze není tak zřejmá.

Při přímém porovnání první a druhé chůze zjistíme změny

Lze vidět, pokud nebereme v potaz poslední údaj, rozdíly v rozsahu kolem 1 – 0,001.

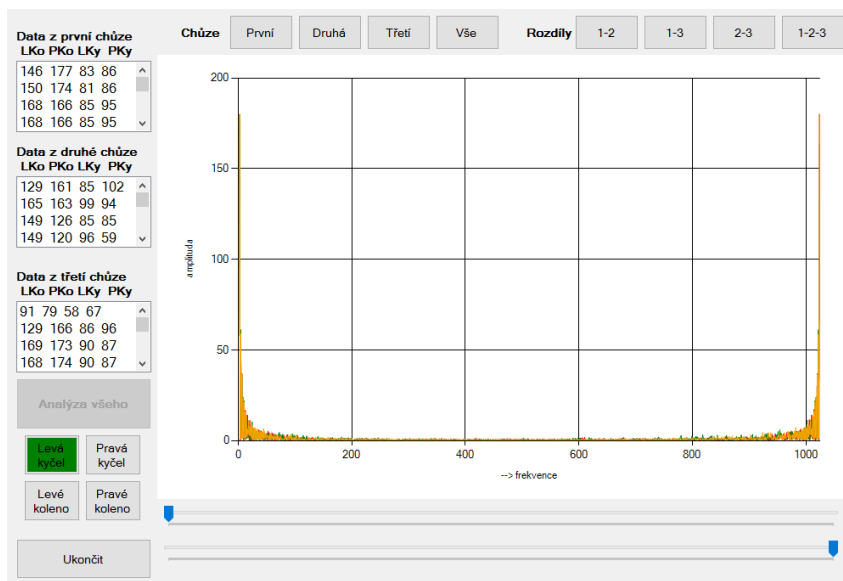
Při porovnání první a třetí chůze

Je vidět rozsah kolem 1 – 0,1 a při porovnání druhé a třetí chůze

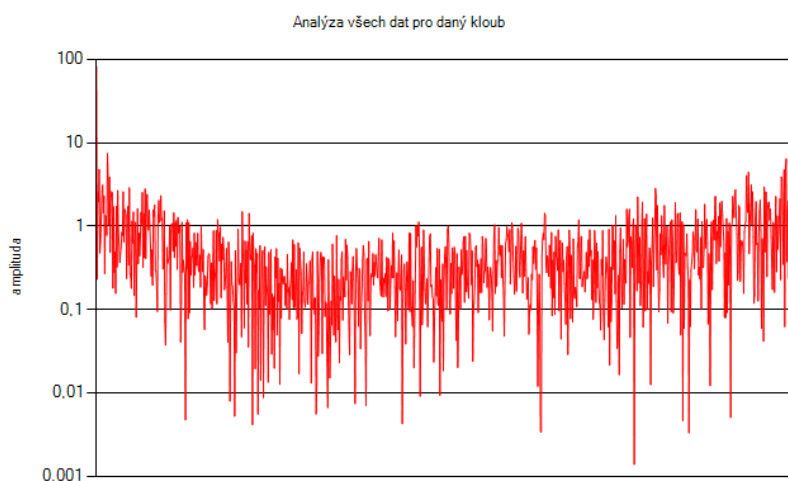
Vidíme rozsah 1 až 0,01. Tedy po porovnání dojdeme k závěru, že chůze se od sebe liší a prokázali jsme tak anatomické změny při chůzi.

Graf všech rozdílů je vidět níže

**Zhodnocení**



Obrázek 56: Analýza - FA



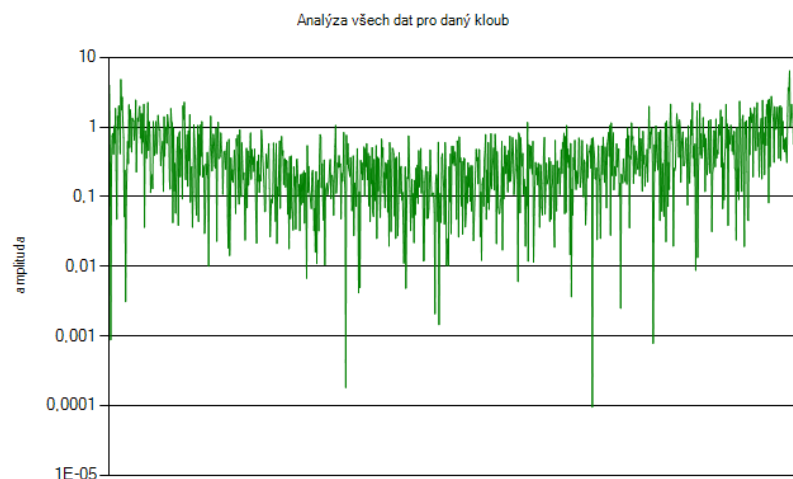
Obrázek 57: Analýza FA 1-2

Na základě výše uvedených dat a dojmů tedy prohlašuji, že analytické metody mnou navržené prokazují anatomické změny. Pacient po operaci má stabilnější chůzi, operovaný kloub dosahuje větší ohebnosti a osobním dojmem mohu prohlásit, že pacient je spokojen se změnou po operaci.

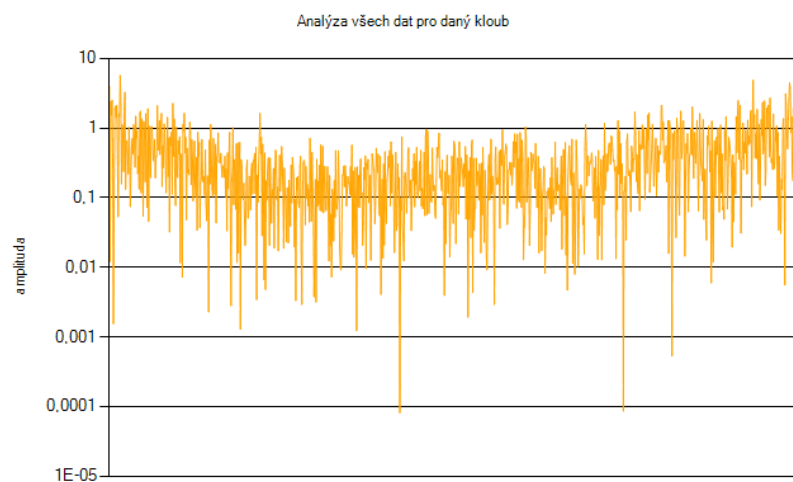
## 7.2 Závěr

Na základě údajů získaných pomocí navržených metod mohu prohlásit, že lze zařízení Kinect využít pro detekci změn při chůzi po ortopedických operacích.

Pro potvrzení správnosti navržených metod by ale muselo dojít k většímu pozorování, nemůžu nad sledovanou množinou lidí usuzovat, že metody jsou opravdu spolehlivé. Před případ-



Obrázek 58: Analýza FA 1-3

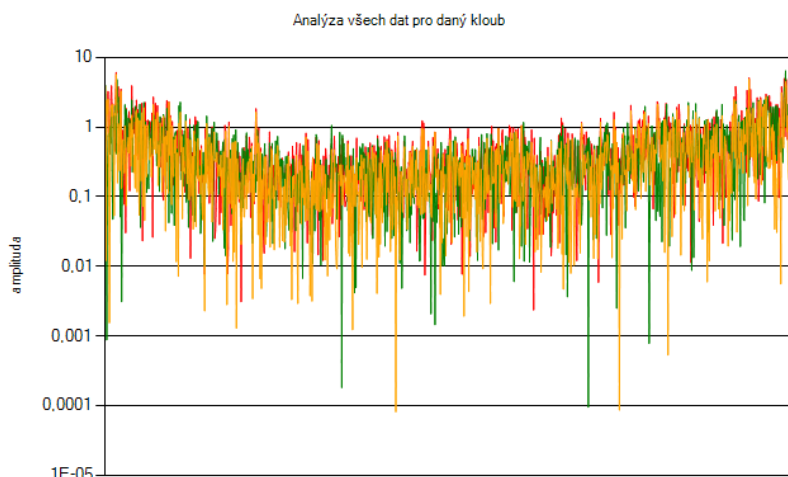


Obrázek 59: Analýza FA 2-3

ným nasazením by bylo vhodné metody otestovat v laboratorních podmínkách – kvůli prostředí natáčení, zapojením větší skupiny sledovaných osob a také konzultace s více odborníky na získanými výsledky.

Pro potřeby této práce mám ale za to, že sledovaná množina pacientů byla pro vyzkoušení navržených metod dostatečná a dokázal jsem tak, že po ortopedických operacích se mění anatomické vlastnosti chůze – od stabilizace pacienta při chůzi, přes pohyblivost kloubů až po nutnou výměnu párového kloubu z důvodu opotřebování, ke kterému docházelo při odlehčování operovaného kloubu před samotnou výměnou, ale i po výměně a následné rehabilitaci. Podle konzultací s odborníky z oblasti ortopedie je nutnost výměny párového kloubu častá, hlavně z výše uvedených příčin.

Při psaní této práce jsem narazil i na složitost jednání s lidmi, ze kterého jsem se dost



Obrázek 60: Analýza FA 1-2-3

poučil. I při podepsání souhlasu se zapojením do výzkumu a souhlasu s natáčením se nemůžu spolehnout na to, že jejich spolupráce bude pokračovat i po prvním natáčení. Dále jsem zjistil, že starší lidé, zapojení do výzkumu, mají o nových technologiích zkreslené představy - vyzařování rentgenových vln z Kinectu a následné způsobování rakoviny byla až příliš častá otázka. Také pochopení instrukcí, které dostali ohledně prostoru pro chůzi bylo zjevně složité (třikrát obejít kolečko ve vymezeném prostoru po "spoji"linolea, otočit se do protisměru a obejít znova tři kolečka), mnoho pacientů nezvládlo, po upozornění na tuto skutečnost, jsem někdy (2x) byl poslán do "patříčných" míst, nebo se vymluvili na bolest a odešli zpět na pokoj a mě tak zůstal záznam chůze, která neodpovídala mým požadavkům.

Ale abych nepsal jen o negativních zkušenostech, zapojení pacienti prokázali zájem o zapojení do výzkumu a s pomocí při realizaci této práce a to bez vidiny osobního zisku, ačkoli byli překvapení, že tato práce neslouží pro ukončení studia na medicíně, ale informatiky.

Tuto práci bych rád ukončil těmito slovy. Tato práce mi dala hodně zkušeností z mnoha oblastí, které dále ve svém životě využiji. Potvrdila mi, že svoji budoucnost sice nechci směřovat do oblasti analýzy obrazu, ale rád bych pokračoval, či pomohl při navázání výzkumu na tuto práci a ověřil tak mé výsledky a domněnky.



## Literatura

- [1] SOSNA, Antonín. Základy ortopedie. Praha: Triton, 2001. ISBN 80-725-4202-8.
- [2] SOJKA, Eduard. Digitální zpracování a analýza obrazů. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2000. ISBN 80-7078-746-5.
- [3] WATSON, Ben. C# 4.0: řešení praktických programátorských úloh. Brno: Zoner Press, 2010. Encyklopedie Zoner Press. ISBN 978-80-7413-094-6.
- [4] SINHA, Aniruddha, Kingshuk CHAKRAVARTY a Brojeshwar BHOWMICK. Person Identification using Skeleton Information from Kinect [online]. : 8 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: [http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=achi\\_2013\\_4\\_50\\_20187](http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=achi_2013_4_50_20187)
- [5] PREIS, Johannes, Moritz KESSEL, Martin WERNER a Claudia LINNHOF-POPIEN. Gait Recognition with Kinect [online]. : 4 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: [http://www.researchgate.net/publication/239862819\\_Gait\\_Recognition\\_with\\_Kinect](http://www.researchgate.net/publication/239862819_Gait_Recognition_with_Kinect)
- [6] KUMAR, Naresh a R. Venkatesh BABU. Human Gait Recognition Using Depth Camera: A Covariance Based Approach [online]. : 6 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: [http://www.serc.iisc.ernet.in/~venky/Papers/Kinect\\_gait.pdf](http://www.serc.iisc.ernet.in/~venky/Papers/Kinect_gait.pdf)
- [7] Prospekty Karvinské hornické nemocnice 2017
- [8] OMICS International | Open Access Journals List [online]. Copyright © [cit. 12.04.2017]. Dostupné z: <https://www.omicsgroup.org/journals/use-of-x-box-kinect-gaming-console-for-rehabilitation-of-an-individual-with-traumat1000129.pdf>
- [9] Reflexion Health [online]. Dostupné z: [download.microsoft.com/.../ReflexionHealth\\_Kinect\\_CS.pdf](download.microsoft.com/.../ReflexionHealth_Kinect_CS.pdf)
- [10] Balance Rehabilitation using Xbox Kinect among an Elderly Population: A Pilot Study | Abstract. OMICS International | Open Access Journals | Scientific Conferences and Events Organizer [online]. Copyright © 2008 [cit. 12.04.2017]. Dostupné z: <https://www.omicsonline.org/scholarly-articles/balance-rehabilitation-using-xbox-kinect-among-an-elderly-population-a-pilot-study-50099.html>
- [11] Jintronix makes rehabilitation more convenient, fun, and affordable with Kinect for Windows – Kinect for Windows Product Blog. MSDN Blogs – Get the latest information, insights, announcements, and news from Microsoft experts and developers

- in the MSDN blogs. [online]. Copyright © 2017 Microsoft [cit. 12.04.2017]. Dostupné z: <https://blogs.msdn.microsoft.com/kinectforwindows/2014/01/22/jintronic-makes-rehabilitation-more-convenient-fun-and-affordable-with-kinect-for-windows/>  
<https://blogs.msdn.microsoft.com/kinectforwindows/2014/01/22/jintronic-makes-rehabilitation-more-convenient-fun-and-affordable-with-kinect-for-windows/>
- [12] National Center for Biotechnology Information [online]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25391527>
- [13] Archivy závěrečných prací VUT, ČVUT, VŠB-TUO, MASARYKOVA UNIVERZITA
- [14] Výhody a nevýhody miniinvazivní chirurgie. [online]. Dostupné z: [https://www.uvn.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3907&Itemid=1676&lang=cs](https://www.uvn.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=3907&Itemid=1676&lang=cs)
- [15] Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Dostupné z: [http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/11\\_2013\\_71\\_1384168609/mecas\\_obr\\_01.jpg](http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/11_2013_71_1384168609/mecas_obr_01.jpg)
- [16] Principy a prostředky pro sledování pohybů lidského těla | 5věT. 5věT | Biomedicínské inženýrství zeširoka [online]. Dostupné z: [http://5vet.cz/principy\\_a\\_prostredy\\_pro\\_sledovani\\_pohybu\\_lidskeho\\_tela/](http://5vet.cz/principy_a_prostredy_pro_sledovani_pohybu_lidskeho_tela/)
- [17] What is virtual reality? - Definition from WhatIs.com. Computer Glossary, Computer Terms - Technology Definitions and Cheat Sheets from WhatIs.com - The Tech Dictionary and IT Encyclopedia [online]. Dostupné z: <http://whatis.techtarget.com/definition/virtual-reality>
- [18] Kinect - Windows app development. [online]. Copyright © 2017 Microsoft [cit. 12.04.2017]. Dostupné z: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>
- [19] Identifikace člověka podle stylu chůze. DSpace VŠB-TUO [online]. Copyright © [cit. 12.04.2017]. Dostupné z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/104081>

## A Přílohy

- Diplomová práce - tištěná
- Programátorská dokumentace - tištěná
- Uživatelská dokumentace - tištěná
- CD - hlavní
  - Program
  - Souhlasy s natáčením
  - Protokoly
  - Elektronické verze prací
  - Zdrojové kódy
- CD se vzorky chůzí